

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Оценка склоновых процессов кантона Каямбе провинции Пичинча (Эквадор)

УДК 551.435.62(866)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM91	Флорес Гарсия Йоланда Грасиела		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Людмила Александровна	Д. Г.- М. Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженерные изыскания в строительстве	Савичев Олег Геннадьевич	Д.Г.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ
Профессиональные компетенции	
Проектно-изыскательская деятельность	
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов
ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам

Научно-исследовательская деятельность	
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Савичев О.Г.

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2BM91	Флорес Гарсия Йоланда Грасиела

Тема работы:

Оценка склоновых процессов кантона Каямбе провинции **Пичинча (Эквадор)**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

12.01.2021 № 12-11/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Фактическим материалом для выполнения работы послужили литературные источники и фондовые материалы изучения геологических, гидрологических, гидрогеологических и геологическая карта.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1) Современное состояние вопроса о инженерно-геологическом условий территории и развитием склоновых процессов;</p> <p>2) Описание физико-географических, геологических, гидрологических, гидрогеологических, тектонических условий территории исследований;</p> <p>3) Оценка инженерно-геологических условий;</p> <p>4) Произвести определение границы распространения оползней, их опасности для хозяйственной деятельности;</p> <p>5) Составление прогнозные карты</p> <p>6) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>7) Социальная ответственность;</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Карты предрасположенности территории кантона к склоновым процессам</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Пашков Евгений Николаевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны иностранном языке:</p>	
<p>Literature review: Assessment of landslide using GIS technologies</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>31.05.2021</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Людмила Александровна	Д. Г.- М. Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM91	Флорес Гарсия Йоланда Грасиела		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование

Уровень образования магистратура

Отделение геологии

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.2021	1) Анализ изученности проблемы	
28.02.2021	2) Описание физико-географических, геологических, гидрологических, гидрогеологических, тектонических условий территории исследований;	
15.03.2021	3) Оценка инженерно-геологических условий	
15.04.2021	4) Произвести определение границы распространения оползней, их опасности для хозяйственной деятельности	
10.05.2021	5) Составление прогнозные карты	
12.05.2021	6) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
11.05.2021	7) Социальная ответственность	
21.05.2021	8) Раздел на английском языке «Literature review»	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Людмила Александровна	Д. Г.- М. Н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев Олег Геннадьевич	Д.Г.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ91	Флорес Гарсия Йоланда Грасиела

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологического дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Оценка склоновых процессов кантона Каямбе провинции Пичинча (Эквадор)	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: методика определения склоновых процессов. Область применения: строительство, инженерные изыскания.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ) – ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя – ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя – ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора – ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Температура и относительная влажность воздуха – Скорость движения (подвижность) воздуха относительно тела работающего – Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения – Умственное перенапряжение Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток – Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения – Повышенным уровнем общей вибрации
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: использование чернил, растворителей или других опасных

	<p>веществ, выделяющих газы в окружающую среду</p> <p>Гидросфера: потребление воды и удаление отходов через канализационную систему</p> <p>Литосфера: удаление бытовых отходов (канцелярские принадлежности, пищевые отходы)</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: Отключения электроэнергии, пожар, землетрясения, наводнения</p> <p>Наиболее типичная ЧС: землетрясения</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.02.2021
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Флорес Гарсия Йоланда Грасиела		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2BM91	Флорес Гарсия ЙоландаГрасиела

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих. Материалы изучения геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории, геологическая карта.	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		31.01.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM91	Флорес Гарсия ЙоландаГрасиела		31.01.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 151 с., 36 рис., 42 табл., 83 источников, 1 текстовое приложение.

Ключевые слова: склоновые процессы, метод отношения частотностей, метод анализа иерархий, оползневая опасность, геоинформационные системы, инженерно-геологические условия.

Объектом исследования являются методики определения опасности развития склоновых процессов в кантоне Каямбе, провинция Пичинча, Эквадор.

Цель работы – оценить особенности инженерно-геологических условий территории и определить их влияние на устойчивость при строительстве и эксплуатации сооружения.

В процессе исследования проводились оценка особенностей инженерно-геологических условий территории кантона Каямбе двумя методами: метод соотношения частот и метод анализа иерархий.

В результате исследования был проведен анализ литературных и инженерно-геологических данных; определены факторы, влияющие на проявление и развитие склоновых процессов и также были созданы прогнозные карты подверженности территории склоновым процессам кантона Каямбе.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, при построении таблиц использован табличный процессор Microsoft Excel 2016, и карты были построены в программе ArcGIS 2.7.1.

Степень внедрения: частичная

Область применения: Методы оценки опасности развития склоновых процессов применяются в инженерных изысканиях в строительстве для определения уровней угрозы зданий и сооружений при развитии экзогенных геологических процессов.

Экономическая эффективность/значимость работы характеризуется тем, что использование геоинформационные системы позволяют оценить состояние любой территории с меньшими затратами времени и ресурсов. Также, результаты данной исследования позволяют определить степень подверженности территории при развитии склоновых процессов и на их основе проводить мониторинг инженерно-геологических условий.

В будущем планируется проводить валидации и сопоставить используемые подходы к составлению карт подверженности оползням, чтобы определить наиболее эффективный подход.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	14
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ОЦЕНКЕ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ.....	16
1.1. Постановка проблемы с учетом ее исходного состояния склоновые процессы в Эквадоре	16
1.2. Методы оценки оползневой опасности.....	21
1.3. Обоснование и принятие метода оценки оползневой опасности.....	24
1.4. Выводы к главе 1	26
ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ	27
2.1. Изученность условий	27
2.2. Зонально-климатические особенности	30
2.3. Регионально-геологические особенности.....	39
2.3.1. Геологическое строение и рельеф	39
2.3.2. Гидрологические и гидрогеологические условия	42
2.3.3. Инженерно-геологические особенности грунтов	45
2.3.4. Современные геологические процессы	47
2.4. Выводы к главе 2	47
ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ	49
3.1. Цели, задачи.....	49
3.2. Методики оценки оползневой опасности	49
3.2.1. Методика оценки место проявлений склоновых процессов.....	49
3.2.2. Методики оценки восприимчивости территории к развитию оползней.....	52

3.3. Характеристика районов с разной степенью восприимчивости к склоновым процессам	69
3.4. Выводы к главе 3	73
ГЛАВА 4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ОСВОЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕРРИТОРИИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ СКЛОНЫМ ПРОЦЕССАМ	75
4.1. Предложения по организации мониторинга	75
4.2. Рекомендации по рациональному освоению и использованию территории	84
ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	86
ВВЕДЕНИЕ.....	86
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. 86	
5.1.1. Правовые нормы и трудового законодательства	86
5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	89
5.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.....	90
5.3. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	97
Выводы по разделу «Социальная ответственность»	99
ГЛАВА 6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	100
6.1. Предпроектный анализ	101
6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования....	101
6.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	101
6.1.3. SWOT-анализ	103

6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	105
6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	108
6.2. Инициация проекта	108
6.3. Планирование управления научно-техническим проектом.....	110
6.3.1 Иерархическая структура работ проекта	111
6.3.2 План проект.....	112
6.4. Бюджет научного исследования	114
6.4.1. Организационная структура проекта	120
6.4.2. План управления коммуникациями проекта	120
6.4.3 Реестр рисков проекта	121
6.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	121
6.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования	121
6.5.2. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	127
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	132
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	141

ВВЕДЕНИЕ

Оценка устойчивости естественных склонов и искусственных откосов и степени риска активизации оползней являются одной из важнейших задач инженерно-геологических исследований практически для всех видов строительства. Пожалуй, ни одна отрасль инженерной деятельности не зависит так тесно от устойчивости склонов и откосов искусственных выемок как строительство автомобильных и железных дорог.

Рост населения в больших масштабах и последующая потребность в территории для строительства увеличивает антропогенные нагрузки на геологическую среду, что приводит к активации экзогенных процессов как оползни.

Применение географических информационных систем (ГИС) в настоящее время, является одной из неотъемлемой частью информационного обеспечения научных исследований. ГИС могут интегрировать большие объемы научных данных, используемые в повседневной работе.

Актуальность. Территория кантона Каямбе характеризуется высокой интенсивностью развития склоновых процессов, создающих трудности при проектировании и строительстве новых сооружений, как в населенных пунктах, так и вне их территории, а также приводит к изменениям геологической среды и наносит значительный ущерб объектам. Высокая сейсмичность эквадорской территории существенно повышает уровень опасности в исследуемой территории. Формирование и развитие склоновых процессов в территории обусловлено действием целого ряда факторов, как рельеф, тектонические условия, характер сейсмического воздействия и прочностные характеристики грунтов.

Анализ влияния перечисленных факторов являются важным элементом количественной оценки устойчивости склонов и прогнозирования склоновых процессов, обуславливая актуальность выполненного диссертационного

исследования. Пространственное распространение склоновых процессов, масштабы и степень активизации, а также размеры последствий изучены недостаточно.

Цель работы

Оценить особенности инженерно-геологических условий территории и определить их влияние на устойчивость при строительстве и эксплуатации сооружения. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- анализ отечественного и зарубежного опыта геологического районирования (по литературным и фондовым источникам)
- сбор, систематизация и анализ информации имеющихся территориальных геологических фондов
- определить границы распространения оползней, их опасности для хозяйственной деятельности
- составление прогнозных карт развития склоновых процессов
- разработка рекомендаций по мониторингу склоновых процессов

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ОЦЕНКЕ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ

1.1. Постановка проблемы с учетом ее исходного состояния склоновые процессы в Эквадоре

В силу того, что территория Эквадора расположена в районе высокой тектонической активности и является частью так называемого «Тихоокеанского огненного пояса», она постоянно подвергается вулканической и сейсмической активности. Климатические условия территории определяются ее расположением в пределах внутритропической зоны конвергенции (ВЗК), которая состоит из пояса низкого давления, окружающего планету, и характеризуется образованием большого количества осадков, обеспечивающих теплый и влажный воздух [1].

Особенности географического положения, климатические условия, а также геологические и тектонические факторы приводят к тому, что Эквадор регулярно подвергается катастрофическим явлениям гидрометеорологического, геологического и смешанного происхождения, которые в большинстве случаев, нанесли серьезный ущерб инфраструктуре городов, повлекли за собой человеческие жертвы, а также серьезные последствия для национальной экономики. Эффективная борьба с геологическими катастрофами стала одной из основных задач, стоящих перед страной [1,2].

Склоновые процессы являются частью тех явлений, которые наиболее часто затрагивают Эквадор, особенно в районе Сьерра. Сообщения о негативных последствиях этих процессов свидетельствуют об определенной тенденции к их нарастанию с 1990-х годов.

Социально-экономические проблемы, связанные с последствиями склоновых процессов в Эквадоре, связаны с неупорядоченным ростом городов и отсутствием инженерно-геологических работ, в которых учитывались бы все

факторы, а также немногочисленными исследованиями территории, проведенными до начала строительства.

Анализ результатов по Эквадору, полученных из базы данных под названием «Desinventar-Sendai» (бесплатный доступ имеется на сайте <https://www.desinventar.org/>) в период 1970-2006 годов, показывает, что оползни и обвально-осыпные процессы приводили к смертоносным чрезвычайным ситуациям, которые составляют 19,9 % от общего количества гибели людей в случае ЧС. Аналогичным образом, 10 % жилых помещений пострадали, а 20 % - разрушены и повреждены.

В этой связи ниже описаны две чрезвычайные ситуации, имеющие большое национальное значение, а также отношение к этой теме, которые позволят получить представление о масштабах стихийных бедствий в стране.

5 марта 1987 года произошло два землетрясения, одно в провинции Напо, другое в 25 км к северу от вулкана Эль-Ревентадор, соответственно 6,1 и 6,9 балла по шкале Рихтера. Оползни, обвали, осыпи, обломков и селевые потоки, вызванные землетрясениями, затопили восточные Анды, что привело к разрыву на 70 км Трансэквадорского нефтепровода и единственной дороги между Кито и эквадорскими дождевыми лесами и нефтяными месторождениями. Все человеческие жертвы, связанные с чрезвычайной ситуацией, находились в провинции Напо, число погибших составило около 1000 человек. Экономический ущерб оценивается в один миллиард долларов. Оползни на склонах, вызванные землетрясениями, были довольно жидкими, поскольку в течение месяца, предшествовавшего землетрясениям, в этом районе выпало 600 мм осадков. Поверхностные почвы характеризуются высоким содержанием влаги [3,4].



Рисунок 1.1 — Вид на долину Рио-Мало, приток Рио-Кока, северо-восточный Эквадор, после землетрясения 1987 года в Ревентадоре. Обратите внимание на сильную денудацию склонов из-за тонких потоков и дно долины [5].

Позже, 29 марта 1993 года, произошел оползень под названием Ла-Хосефина. Этот оползень затронул провинции Асуай и Каньяр, расположенные в межандском регионе, и провинцию Морона-Сантьяго в Амазонии. Оползень произошел на холме Тамуго, и объем сползшего материала составил около 20 миллионов м³. Всего погибли 100 человек. Реки Пауте и Джадан были подпружены плотинами, в результате чего образовалось водохранилище площадью 191 млн м³ и протяженностью 10 км. Сельскохозяйственные угодья, жилые дома, тепловая электрическая станция в Эль-Дескансо, Панамериканская автострада и железная дорога были затоплены в результате чрезвычайной ситуации [6].

Переходя от национального к местному уровню, следует отметить, что климатические и геологические характеристики исследуемой территории способствуют развитию склоновых процессов. Количество осадков в кантоне Каямбе колеблется от 771 мм в секторе Песильо до 1520 мм в секторе Кахас.

Грунты на территории по глубине залегания в основной своей массе имеют небольшие мощности. Как правило, встречаются: суглинок, суглинок илистый и песок. [7].

В настоящее время база данных «Desinventar-Sendai» содержит в общей сложности 39 248 записей о потерях и последствиях для жизни людей, жилья, услуг и инфраструктуры в Эквадоре, соответствующих периоду 1970-2019 годов. Оползни и обвально-осыпные процессы занимают второе место в категории событий с самым высоким уровнем смертности, когда в стране погибло 1642 человека.

Из этой совокупности данных 14 событий были зарегистрированы в кантоне Каямбе в период 1985-2018 годов, из которых 64 % были вызваны сильными дождями, типичными для холодного периода. В результате этих процессов погибли четыре человека, три получили ранения и 16 пострадали. Был обнаружен разрушенный дом, и еще три были затронуты. Развитие этих процессов в наибольшей степени затронуло такие объекты инфраструктуры, как дороги, которых здесь в общей сложности насчитывается 87 дорог.

Анализ распределения оползней и обвально-осыпных процессов в различных округах кантона показывает, что больше всего пострадали округа Каямбе и Санта-Роса-де-Кузубамба, на долю которых приходится 29 % всех ЧС в каждом округе; за ним следует округ Ольмедо с 14 %, а остальные - 7 % каждого округа.



Рисунок 1.2 — Распределение оползней и обвально-осыпных процессов в кантоне Каямбе в период 1970-2019 годов

Из общего числа дорог, пострадавших в результате этих процессов, 43 % приходится на Санта-Роса-де-Кузубамба, 24 % и 23 % - на Отон и Кангауа, соответственно, и 10 % - на Каямбе. Жертвы этих событий распределяются поровну между Каямбе и Ольмедо (Песильо). 88 % пострадавших находятся в округе Каямбе.

Таблица 1.1 — Распределение ущерба по категориям, 1970-2019 годы

Округ	Населения			Жилья		Пострадавшие дороги
	Гибели	Раненный	Пострадавший	Уничтоженный	Затронены	
Каямбе	2		14	1	3	9
Ольмедо (Песильо)	2	1				
Асказуби						
Санта-Роса-де-Кузубамба						37
Хуан Монтальво		2	2			
Кангауа						20
Отон						21
Итог	4	3	16	1	3	87

Приведенные выше статистические данные о негативных последствиях оползней и обвально-осыпных процессов в кантоне Каямбе иллюстрируют нынешнее положение территория. Изучение склоновых процессов на исследуемой территории имеет важное значение для снижения воздействия на жизнь человека и стабильности существующих и будущих инженерных сооружений, а также для того, чтобы противостоять развитию новых процессов.

1.2. Методы оценки оползневой опасности

Склоновые процессы — это процессы внешней геодинамики, которые изменяют различные формы рельефа местности. Состав и структура скальных склонов, абсолютные и относительные высоты рельефа, подверженность склонам, характеристики климата, растительности и другие компоненты природной среды определяют характер склонов. Эти процессы подразделяются на оползни, обвали, и осыпи; наиболее известными и изученными являются оползни [6,8].

Оползни и обвально-осыпные процессы обычно обходятся дешевле народному хозяйству, чем землетрясения, крупные наводнения, ураганы или другие стихийные бедствия. Вместе с тем они являются более распространенными, нанося больший ущерб инфраструктуре и жизни людей, чем любая другая опасность. Такие условия широко распространены в горных странах Центральной Америки и западной части Южной Америки, как, например, в Эквадоре [9–11].

Подверженность оползням и обвально-осыпным процессам в Андах требует дополнительных исследований по снижению риска. Андские города во все большей степени подвержены опасности оползней и ЧС, сопровождающихся ростом численности населения и городов и непредсказуемыми экстремальными погодными явлениями [12].

Оценка склоновых процессов и риска повышения активности склона, в совокупности, является одной из наиболее важных задач инженерно-геологических изысканий для строительства. Территориальные исследования играют очень важную роль в выборе местности для размещения сооружений. Данные, полученные в ходе полевых исследований, используются не только в некоторых отраслях строительства, но и при прогнозировании и функциональном зонировании территории [13].

Причиной развития оползней и обвально-осыпных процессов является сила тяжести. Однако важно отметить, что задолго до того, как происходит скольжение, несколько других процессов ослабляют материал склона, постепенно превращая его в материал, все более подверженный силе тяжести [14].

Гравитационное воздействие на склоны распределено по двум компонентам (рисунок 1.3): первый направлен вдоль склона (обозначен буквой T), а второй перпендикулярен ему (сила N). Легко понять, что сила N прижмет землю к склону, замедляя его спуск. Однако, чем выше угол наклона, тем больше сила тяги T и тем меньше сила удержания N . Это означает, что по мере увеличения уклона возрастает риск соскальзывания [14,15].

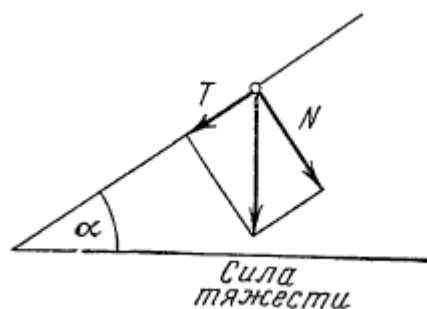


Рисунок 1.3 — Элементы гравитации земного склона [15]

Воздействие воды является одним из процессов, которые действуют на склоне, ослабляя его с течением времени. В глинистых и песчаных грунтах силы трения, действующие между частицами, удерживают их вместе, но их значение очень мало. По мере увлажнения этих материалов насыщение водой снижает

внутреннее сопротивление. Кроме того, жидкий компонент добавляет значительный вес материалу. Несколько авторов посвятили свою работу изучению дождевых осадков в качестве детонатора оползней [14,16,17].

Растительный покров земли является еще одним аспектом, который играет важную роль в стабильности склонов. Другими словами, там, где растений нет, гравитационные процессы усиливаются, особенно если склоны крутые и вода в изобилии. При удалении растительности в результате лесных пожаров или деятельности человека (лесозаготовки, сельское хозяйство или урбанизация) поверхностные материалы, как правило, перемещаются вниз. Об исследованиях, посвященных изучению этого аспекта, можно узнать в [14,16,17].

Широко известно, что в различных районах планеты землетрясения вызывают оползни и обвально-осыпные процессы. Это приводит к гибели значительной части людей и разрушению инфраструктуры. Землетрясение и его последствия могут привести к вытеснению огромного количества камней и неконсолидированных материалов. Проводились исследования по вопросу о риске оползней, вызванных землетрясениями в [8,11,14,18–21].

Зонирование оползневых и обвально-осыпных процессов позволяет лучше понять состояние территории. Процессы зонирования должны осуществляться с учетом трех основных принципов или основополагающих предпосылок, которыми являются: 1) прошлое и настоящее являются ключом к будущему; 2) основные условия, вызывающие оползни, могут быть определены; 3) степень опасности может быть оценена [11].

Что касается потенциала оползней и обвально-осыпных процессов, то, как показывает глобальный опыт, при проведении анализа в небольших масштабах (на отдельных склонах) можно использовать подробные геотехнические исследования и расчеты устойчивости. В то же время в более широком масштабе вышеупомянутые методы не являются общеприменимыми,

поэтому необходимо проводить количественную оценку как уязвимости склонов, так и триггеров, которые могут вызвать нестабильность [18].

С течением времени и с развитием систем ГИС были разработаны новые методологии для выявления районов оползней и обвально-осыпных процессов, составления карт уязвимых районов и оценки вероятности перемещения грунтов; в частности, можно найти модель частотных коэффициентов (ОВП), использование ЦМР (цифровой модели рельефа), применение математических моделей, моделей анализа по нескольким критериям и весовых переменных [16,17,22–26].

1.3. Обоснование и принятие метода оценки оползневой опасности

В этой работе предлагается использовать статистический метод соотношения частот (Frequency Ratio, FR) для получения карты зонирования оползней и обвально-осыпных процессов и, таким образом, определения районов, наиболее подверженных развитию этих процессов на территории кантона Каямбе. В статистических методах используются выборочные данные, основанные на взаимосвязи между оползнями и обвально-осыпными процессами и причинными факторами. Объективно оценивается сочетание данных [27,28].

Международный опыт успешно продемонстрировал функциональность этой методологии для оценки подверженности оползням и обвально-осыпным процессам. В Эквадоре эта методология малоизвестна и практически не применялась в исследованиях уязвимости на территории [27].

Одним из основных элементов методологии FR является составление инвентаризационной карты оползней и обвально-осыпных процессов. Карта проявлений оползней и обвально-осыпных процессов могут составляться на основе полевых исследований путем интерпретации изображений, полученных с помощью дистанционного зондирования, на основе спектральных

характеристик, формы, контраста и морфологической экспрессии или аэрофотосъемки и интерпретации изображений Google [21,23,29].

Составление инвентаризационной карты оползней и обвально-осыпных процессов будет осуществляться с использованием алгоритма расширения контрастов, предложенного Гондом и Броньоли в 2005 году. В основе методологии лежит сочетание спектральных диапазонов для создания индексов растительности (NDVI) и индексов влажности (NDWI). Затем полученные слои объединяются со средним инфракрасным диапазоном (MIR) для увеличения контрастов местности. Эта методология оказалась полезной для выявления важных изменений в растительном покрове, таких, как участки для промывки золота во Французской Гвиане и позднее, а также для выявления оползневых очагов в бассейне реки Мокотис, штат Мерида-Венесуэла [30,31].

Карта подверженности оползням и обвально-осыпным процессам является полезным инструментом управления рисками склоновых процессов. Карта показывает степень подверженности района склоновым процессам. Эти карты могут быть составлены на основе пространственного прогнозирования оползней и обвально-осыпных процессов при условии, что будущие оползни будут происходить в тех же условиях, что и в прошлом. Зонирование подверженности оползням и обвально-осыпным процессам на исследуемой территории планируется осуществлять в пять этапов: 1) сбор данных, 2) подготовка инвентаризационной карты оползней, 3) определение факторов, влияющих на подготовку оползней; 4) определение веса каждого фактора с помощью методов соотношения частот и анализа иерархий 5) разработка карты подверженности оползням, 6) проверка достоверности построенных карт.

1.4. Выводы к главе 1

Особенности географического местоположения, климатические условия, геологические и тектонические факторы делают исследуемую территорию подверженной развитию склоновых процессов, которые ставят под угрозу жизнь человека и инфраструктуру.

Усиление негативных последствий развития склоновых процессов тесно связано с ростом городов и отсутствием всесторонних геологических исследований для строительства.

Оценка склоновых процессов требует анализа большого объема информации, касающейся свойств грунтов, климатических аспектов местности и детонирующих явлений (тектонических, вулканических).

ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ

2.1. Изученность условий

В Эквадоре, участки, которые подвергаются наибольшему риску склоновых процессов, находятся в регионе Сьерра из-за его геоморфологии, однако это не означает, что в остальных регионах такие процессы не происходят.

Склоновые процессы могут быть вызваны землетрясениями, ливнями, извержениями вулканов, действием человека, поэтому, необходимо привести характеристику рельефа, литологии, интенсивности осадков, различия между естественной растительности и землепользования и области концентрации дренажа.

Обвалы и оползни развиваются под действием естественных и антропогенных причин. Эти процессы состоят из гравитационной мобилизации различных материалов, слагающих грунтовой массив.

Внешние факторы часто играют роль т.н. «спусковых крючков»: они активизируют фоновые геоморфологические процессы, которые в результате приобретают катастрофический характер. В качестве таковых могут выступать как эндогенные факторы (например, землетрясения), так и экзогенные (выпадение осадков экстремальной интенсивности) и антропогенные (различные техногенные воздействия), а также их совокупность [32].

Среди внешних факторов, активирующих фоновые геоморфологические процессы внутри Кантона, - вулканизм и сейсмичность, характеристики которых представлены ниже.

Опасность вулканов

Извержения вулканов могут приводить к различным типам явлений, поскольку одно из них может представлять определенную опасность или угрозу.

Невадо Каямбе — вулкан в Центральном хребте Северного Эквадора. Это третий по высоте вулкан Эквадора за Котопакси и самая высокая вершина в Андах к северу от экваториальной линии. Согласно топографическим измерениям военного географического Института Эквадора, вулкан Каямбе имеет высоту около 5790 м над уровнем моря. [33].

Вулкан Невадо Каямбе является спящим вулканом, но он может вступить в деятельность в долгосрочной или среднесрочной перспективе, известно существование вулканического пепла 600 лет назад. Последнее извержение было примерно в восемнадцатом веке. Эруптивный период составляет около 500 лет. Наибольшая опасность от извержения представляет таяние ледников из-за пирокластических материалов, которое приведет к грязевым потокам. Если будет подтверждено существование куполов в комплексе вершин, это может добавить опасность обвалов куполов, которые также приведут к образованию лахаров [33].

По данным Геофизического института, вероятность извержения вулкана невелика, учитывая его эруптивный период и вулканическую активность, зарегистрированную в декабре 2002 года и марте 2003 года [34].

Угрозы извержения вулкана обозначаются большей опасностью, пирокластическими потоками, которые в основном происходят вблизи вулкана Каямбе, средняя опасность идентифицируется на карте на поверхностях, граничащих с Национальным парком Каямбе-Кока, а меньшая опасность обозначается очень близко к кантональной вершине, граничащей с рекой Сан-Хосе, Бланко и Гуачала. К западу от кантона обозначается большая опасность со стороны лахаров, а вокруг кантона-меньшая опасность, что связано с близостью реки Сан-Хосе, которая превращается в канал для потоков лахаров [33].

Сейсмичность

В силу своей физической конфигурации и расположения в зоне высокой сейсмической активности, сопровождающейся существенной системой геологических разломов, Эквадор исторически пережил ряд теллурических событий, которые привели к огромным экономическим и людским потерям, что означает, что эквадорское население постоянно подвергается целому ряду воздействий, вызванных такими природными угрозами [35].

В стране выполнено пространственное сейсмическое зонирование с построением карты сейсмических зон для целей проектирования и строительства, эта информация служит ссылкой на стандарты строительства в стране [35].

Экватор разделен на шесть сейсмических зон. Из-за близости к зонам субдукции между Наска и Южноамериканской плитами. Вся территория Эквадора охарактеризована как зона высокой сейсмической угрозы, за исключением северо-восточного региона с промежуточной сейсмической угрозой и побережья Эквадора с очень высокой сейсмической угрозой (VI). Сейсмичность может иметь два типа происхождения: тектонический и вулканический. Таким образом, кантон Каямбе не только подвергается сейсмичности высокого типа в результате движения тектонических плит, которые дестабилизируют местные геологические разломы, но и подвергается землетрясениям, вызванным активностью вулкана [33,36]

Согласно карте сейсмических зон экватора, кантон Каямбе находится в зоне V.

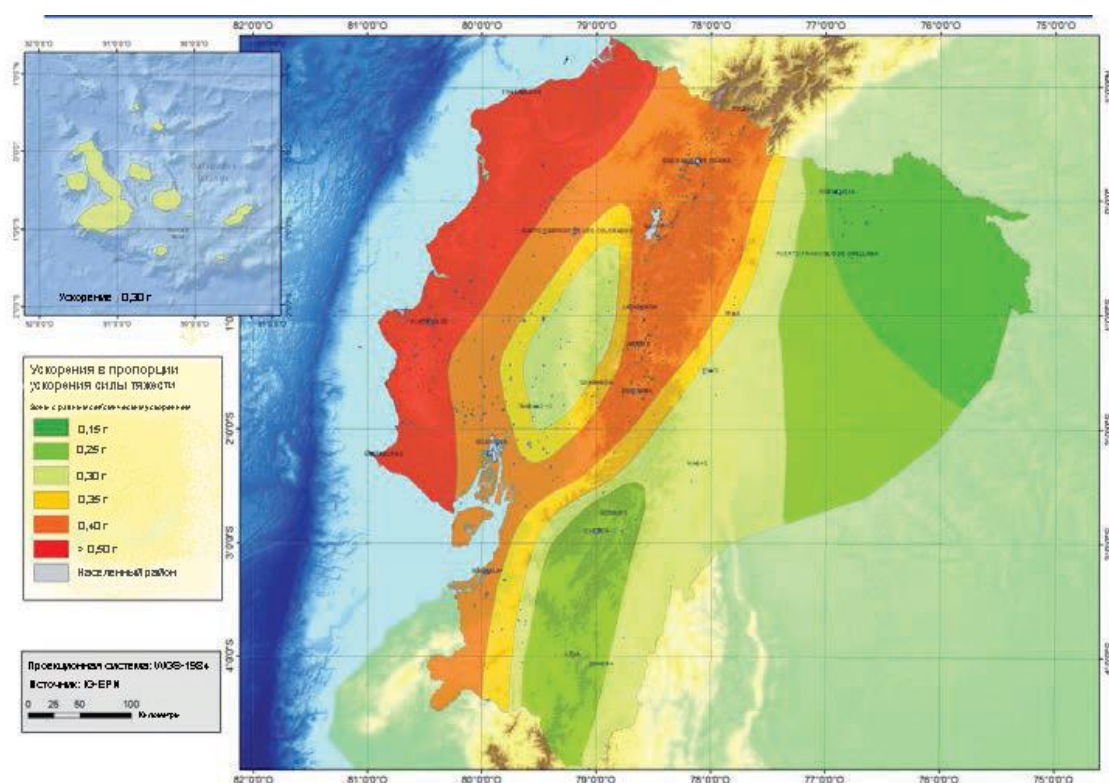


Рисунок 2.1 — Сейсмические зоны экватора [36]

Землетрясение — это резкое движение земной коры. Это внезапное высвобождение энергии распространяется в виде волн, которые вызывают движение местности, это движение может привести к изменению ландшафта определенного места. Последнее крупное землетрясение в стране произошло 16 апреля 2016 года в 18:58, оно произошло у берегов Эквадора магнитудой 7,8 МВт. Землетрясение ощущалось в 23 провинциях Эквадора, а также в части соседних стран. Наиболее пострадавшие населенные пункты были ближе всего к их эпицентру, однако негативные последствия были зафиксированы и в других населенных пунктах [35].

2.2. Зонально-климатические особенности

Республика Эквадор является одной из 17 стран мира, отличающихся огромным разнообразием. Хотя она имеет относительно небольшую территорию, она обладает большим биологическим разнообразием, охватывающим приблизительно 70 процентов видов животных и растений в

мире. Это разнообразие обусловлено расположением страны в неотропиках, присутствием горного хребта Анд и влиянием океанских течений на ее побережье. Страна разделена на четыре четко определенных природных географических региона: побережье, горный хребет, Амазонка и Галапагосские острова.

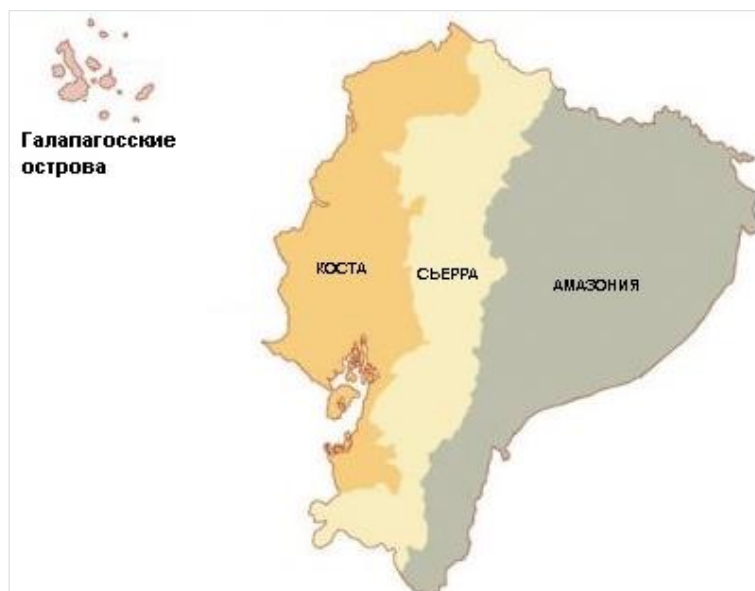


Рисунок 2.2 — Природные регионы Эквадора

Прибрежный регион *Коста*, состоит из длинной и узкой территориальной полосы в Тихом океане в сочетании с многочисленными мангровыми зарослями, эстуариями и рыбными запасами, характерными для этого региона. Реки, присутствующие в этом природном регионе, текут из Анд в Тихий океан. Эквадор имеет береговую линию протяженностью 640 километров.

Регион горный хребет *Сьерра*, простирается через Анды, пересекает с севера на юг территорию Эквадора и разделяет прибрежные районы и Амазонку. Этот регион характеризуется впечатляющими горными холмами и вулканами, и в нем проживает около 50 % всего населения Эквадора. В этом регионе находится так называемая «межандинская аллея или межандинской регион», это земли, которые находятся на высоте от 1500 до 3000 м и часто подвергаются эрозии.

Регион Амазонки, также известный как Восток, занимает площадь 120000 квадратных километров густой растительности, характерной для тропических лесов. Реки Амазонки смыли большое количество материалов из Анд, формируя аллювиальные грунты и террасы, которые используются в сельском хозяйстве.

Галапагосские острова состоят из огромных подводных вулканов и являются домом для широкого разнообразия видов. Этот архипелаг, расположенный в 1000 км от экваториального побережья, состоит из 13 крупных островов, 6 малых островов и более 40 островков. Общая протяженность архипелага составляет 8010 км. 8 сентября 1978 года в связи с изменением климата и биоразнообразием архипелага ЮНЕСКО объявила его объектом всемирного наследия.

Исследуемая территория, кантон Каямбе, расположена в природном географическом регионе Сьерра, в межандинском регионе. Андский горный хребет пересекает Эквадор в центральном положении и общем направлении меридиана, который рисует очень открытую букву «S». Андский горный хребет является водораздельной линией рек на западной стороне, простирающихся на 200-300 километров и впадающих в отдаленный Тихий океан, а также реки с восточной стороны, впадающие в бассейн реки Амазонки, который простирается более чем на 3000 километров и затем впадает в Атлантический океан [37].

Кантон Каямбе расположен на севере эквадорских Анд, на высоте 2830 метров над уровнем моря, к северо-западу от провинции Пичинча, у подножия вулкана Невадо Каямбе. Расстояние от города Кито, столицы Эквадора, составляет 80 км.

Площадь исследуемая территория составляет около 1195 км², что представляет собой 14 % от общей площади провинции Пичинча.

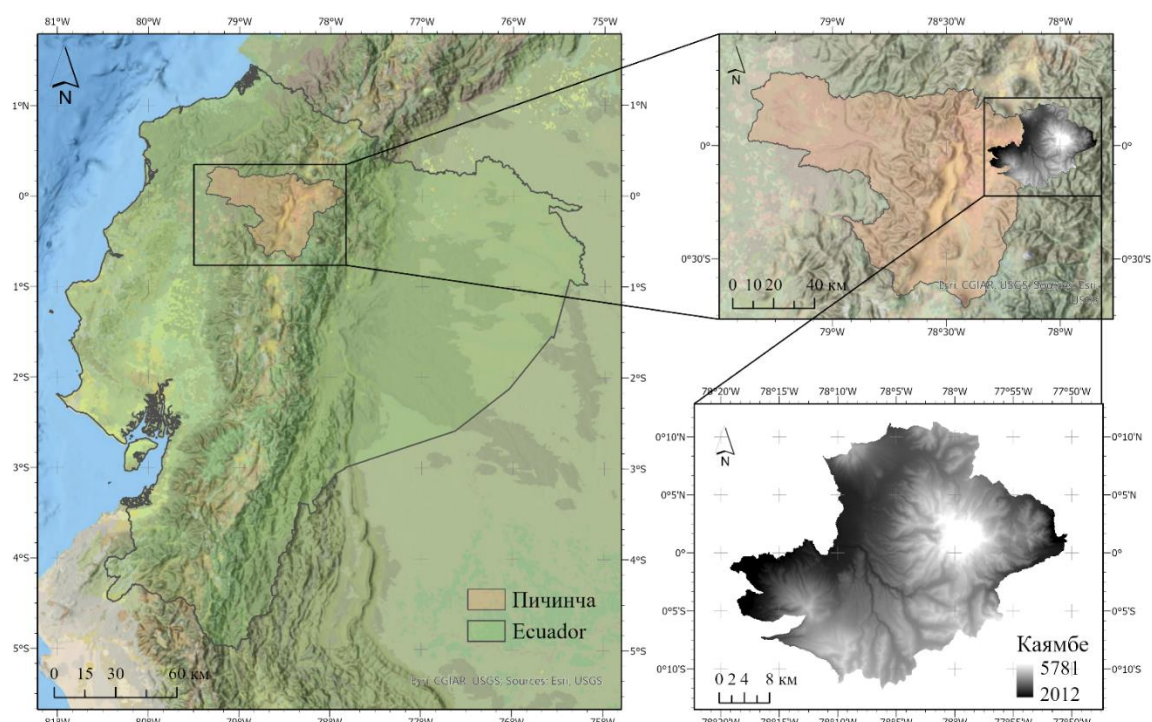


Рисунок 1.3 — Расположение исследуемой территории

Кантон Каямбе состоит из восьми округов, из которых два являются городскими (Каямбе, Хуан Монтальво) и шесть являются сельскими (Асказуби, Кангауа, Ольмедо, Отон, Сан-Хосе-де-Айора и Санта-Роса-де-Кузубамба).

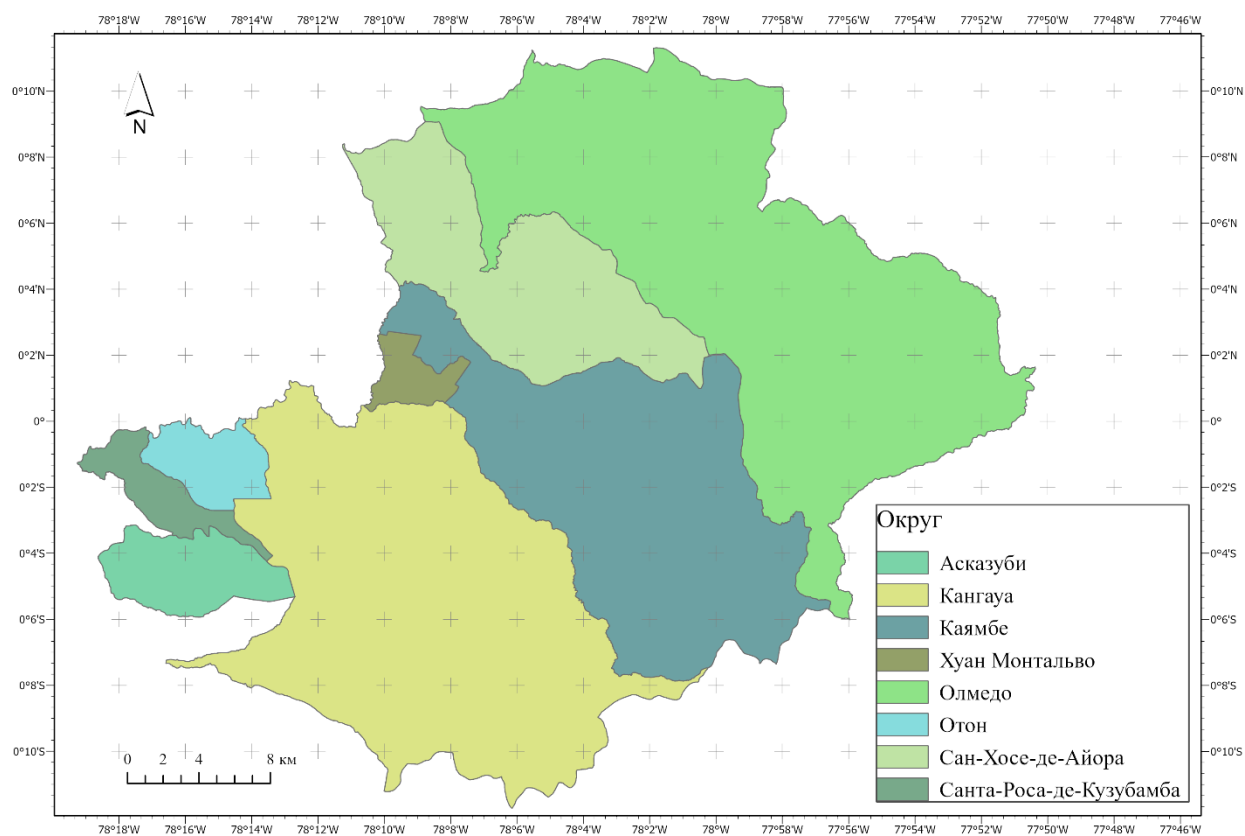


Рисунок 2.4 — Административные подразделения кантона Каямбе

Согласно климатической классификации Эквадора, предложенной Rouguit в 1983 году, кантон Каямбе находится в полувлажной и влажной мезотермальной экваториальной классификации климата. Этот климат характерен для Андской зоны горного хребта Анд без учета охраняемых долин и районов с высотами выше 3000-3200 метров над уровнем моря. В целом, экваториальный климат, экваториальный мезотермальный климат, полувлажный до влажного, характеризуется тем, что температура колеблется между 12 до 20°C; годовое количество осадков распределяются в течение двух сезонов дождей и составляет от 500 до 2000 миллиметров; максимальные экстремальные температуры не превышают 30°C, а минимальные редко опускаются ниже 0°C; относительная влажность колеблется от 65 до 85 %, а продолжительность инсоляции колеблется от 1000 до 2000 часов в год [38].

Климат характеризуется следующими параметрами: осадки, средняя температура, максимальная и минимальная средняя температура, абсолютная максимальная и минимальная температура, облачность, скорость ветра и относительная влажность, данные по которым были проанализированы за 25 лет, через ряд метеорологических станций, расположенных в соответствии с их местоположением в плоских координатах и в зависимости от их высоты в кантоне.

Таблица 2.1 — Метеорологические станции в кантоне Каямбе

Код	Метеостанция	Координаты		Высота	Замечания
		Восточный	Северный		
M023	Ольмедо-Пичинча	825692	1001569	3120	Обычная метеорологическая станция
M344	Кангауа	815332	9993576	3140	Дождевая станция
M359	Каямбе	818117	1000560	2840	Дождевая станция

Температура воздуха

Температура воздуха – характеристика теплового состояния воздуха, то есть кинетической энергии его молекулярных движений, измеряемая с помощью физических эффектов, связанных с изменениями разностей этой энергий [39].

Среднегодовая температура в кантоне Каямбе, согласно анализу данных метеорологической станции M023, составляет 11,9°C. Среднемесячная температура колеблется в пределах от 11,2°C до 12,3°C. Месяц с самой высокой средней температурой - май, а самый низкий - сентябрь.

Абсолютный минимум наблюдается в августе и равен -0,5 °C, а абсолютный максимум наблюдается в сентябре и составляет 21,8 °C.

Таблица 1.2 — Средняя месячная максимальная и минимальная температура метеостанции M023, °C

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	11,7	11,7	11,8	12,1	12,3	11,9	11,6	11,6	11,2	12,2	12,1	12,1
Абс.макс	20,8	20,0	20,0	20,7	20,6	19,0	20,4	20,1	21,8	21,3	19,9	20,9
Абс.мин	1,4	1,7	1,0	1,2	1,7	0,8	0,5	-0,5	0,7	1,6	1,0	2,3

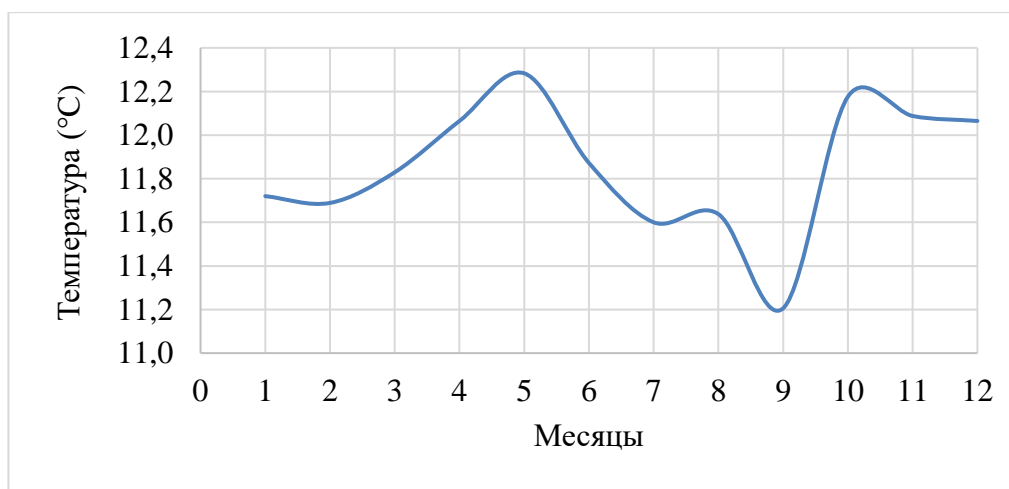


Рисунок 2.5 — Среднемесячная температура метеостанции M023

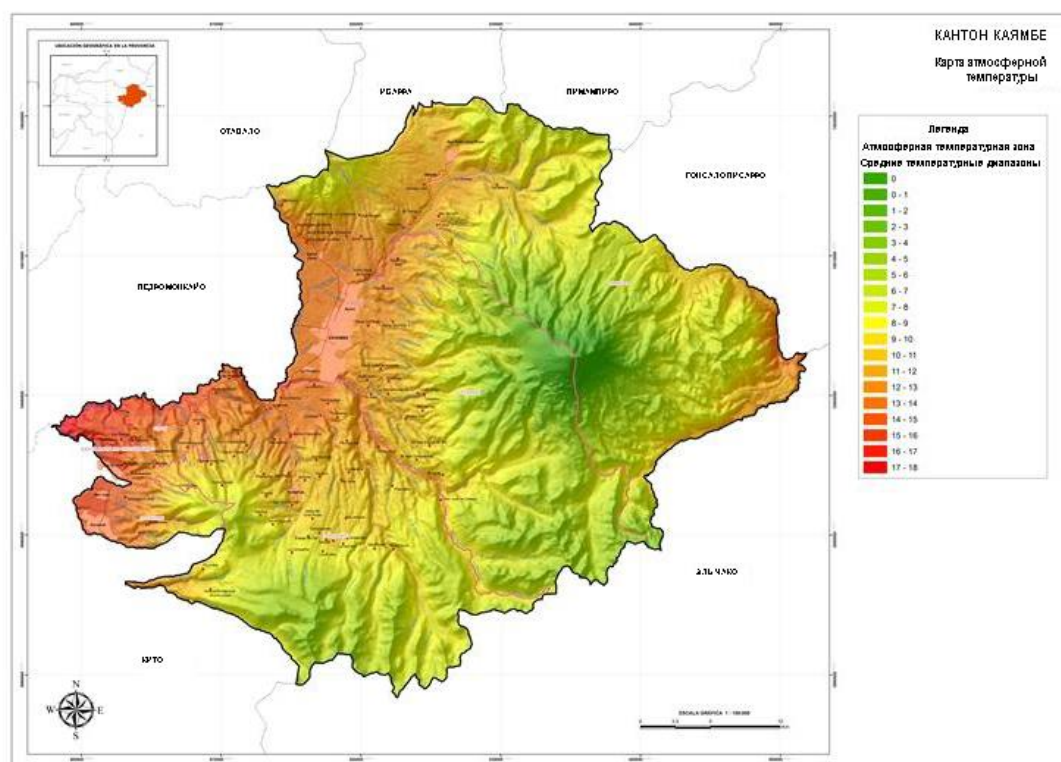


Рисунок 2.6 — Карта среднегодовой температуры кантона Каямбе [33]

Влажность

Влажность воздуха – один из элементов режима увлажнения, имеющий большое значение для многих отраслей народного хозяйства. Водяной пар является составной частью атмосферы: содержание его сильно меняется в зависимости от физико-географических условий местности, времени года и циркуляционных особенностей атмосферы, состояния поверхности почвы и т.п.

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром меняется в течение года.

Таблица 2.2 — Средняя месячная относительная влажность воздуха (%)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Влажность	82	82	83	83	81	80	77	75	76	79	81	82

Таблица 2.3 — Средняя месячная упругость водяного пара (гПа)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Упругость	11,2	11,1	11,4	11,4	11,4	10,9	10,3	9,4	10,4	11,0	11,3	11,3

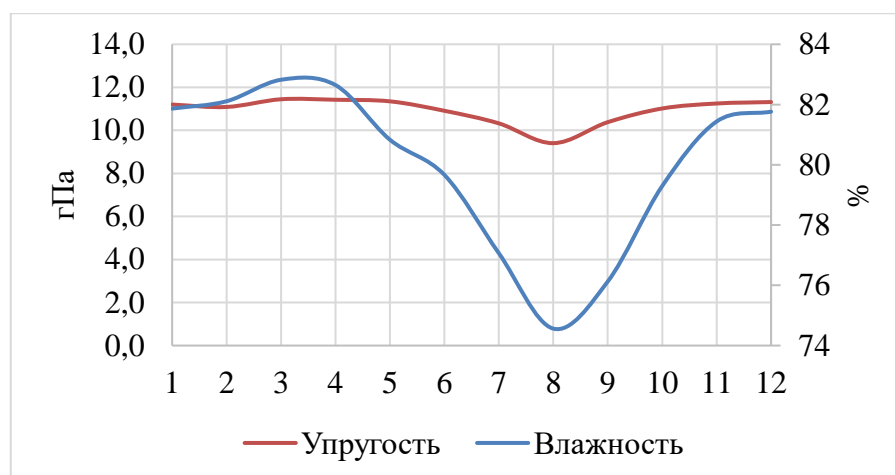


Рисунок 2.7 — Годовой ход упругости водяного пара и относительной влажности воздуха

Атмосферные осадки

Годовое количество осадков на ст. Ольмедо-Пичинча (M023) равно 826,1мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Минимум осадков наблюдается в феврале и составляет 22 мм, а максимум наблюдается в августе и равен 83 мм. На ст. Кангауа (M344) годовое количество осадков составляет 591,2 мм; минимум осадков наблюдается в августе и составляет 5,6 мм, а максимум наблюдается в феврале и равен 67,2 мм. На ст. Каямбе годовое количество осадков равен 1016,2 мм; максимум наблюдается в феврале и равен 125,3 мм, а минимум осадков наблюдается в июле и составляет 26,6 мм.

Таблица 2.4 — Среднемесячное количество осадков на метеостанциях (мм)

Код	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
M023	Ольмедо-Пичинча	86,9	88,4	91,3	87,9	70,8	42,2	24,9	19,6	35,7	100,7	92,3	85,4	826,1
M344	Кангауа	43,9	67,2	83,9	80,9	55,7	20,0	16,9	5,6	28,5	61,4	63,2	63,9	591,2
M359	Каямбе	80,9	95,5	125,3	121,2	97,9	39,5	26,6	16,1	64,5	109,8	121,8	117,2	1016,2

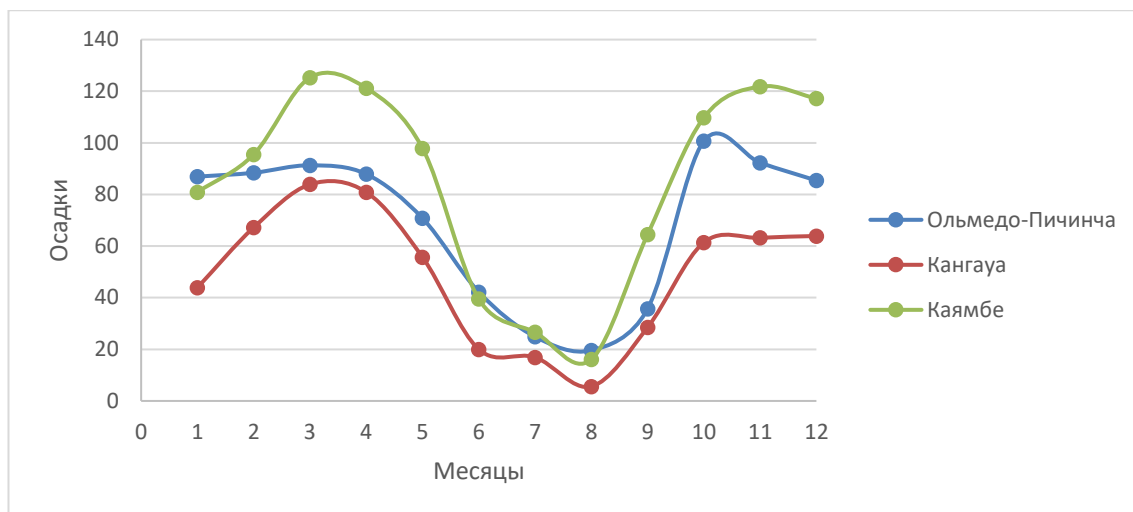


Рисунок 2.8 — Среднемесячное количество осадков, мм

Ветровой режим

Скорости ветра в течение года в кантоне Каямбе по данным ст. Ольмедо-Пичинча (M023) меняются незначительно. Максимальная скорость ветра в годовом ходе наблюдается в марте (4,3 м/с), а минимальная в сентябре (2,8 м/с).

Таблица 2.5 — Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость ветра	3,1	3,4	4,3	3,8	3,4	3,1	3,3	3,1	2,8	3,2	3,6	3,3	3,4

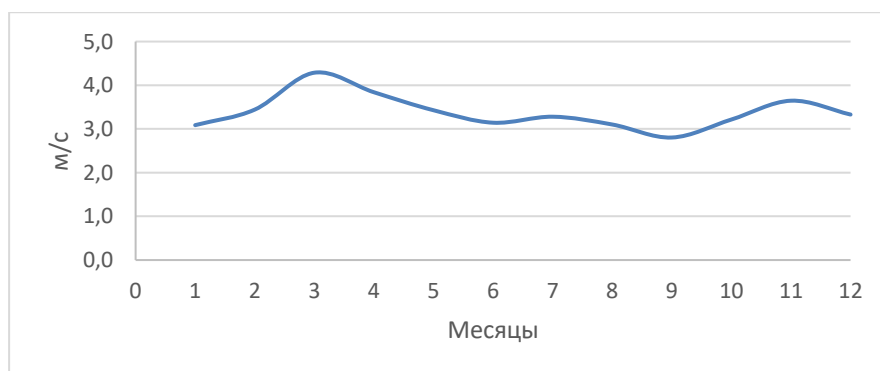


Рисунок 2.9 — Годовой ход скорости ветра

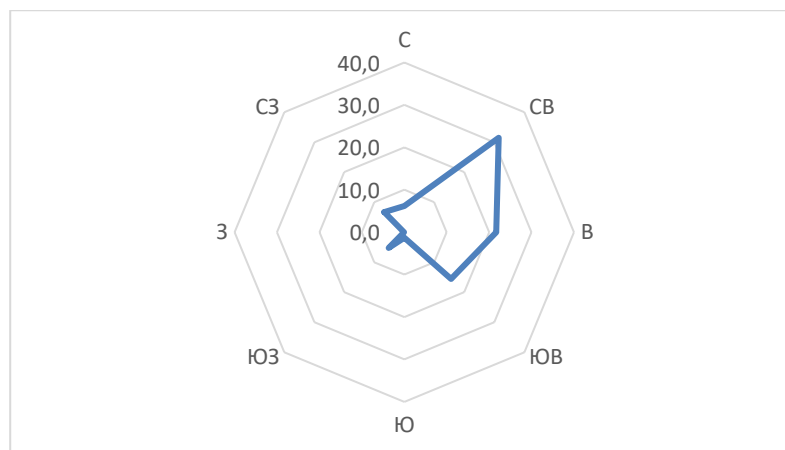


Рисунок 2.10 — Годовая роза ветров

2.3. Регионально-геологические особенности

2.3.1. Геологическое строение и рельеф

Горные породы и рельеф является одним из наименее измененных компонентов ландшафта. Рельеф оказывает непосредственное влияние на микроклиматические характеристики территории, формирование и развитие поверхностного стока, характер почвенного покрова, растительность и животный мир. Рельеф во многом определяет природопользование и систему расселения территории. Рельеф оказывает влияние на распространение опасных и неблагоприятных геоморфологических процессов, таких как: линейная эрозия, гравитационные, оползневые и другие процессы [9].

Кантон Каямбе принадлежит к Андским Кордильерам, что определяет его разнообразную орографию. Образование Анд началось в конце вторичной эпохи, в конце позднего мелового периода движением субдукции плиты Наска под южноамериканской плитой; более поздние вулканические события, такие как Ангочагуа, Каямбе и Кусин покрывали блоки с мощными слоями вулканических продуктов, что приводило к вулканическому рельефу и потокам лавы в Восточной и Северной частях кантона. Последняя стадия четвертичной вулканической активности представлена формацией кангауа (вулканические

Таблица 2.6 — Описание геологических образований кантона Каямбе [33]

Геологические образования	Описание
Вулканический Ангочагуа (P _{I-Ап}) Плиоцен	Это образование встречается в основном в Северном Кантоне, образуя рельефы с крутыми склонами и острыми вершинами. Они состоят из лав, вулканических обломков и туфов, полученных в результате плиоценовых извержений Ангочагуа.
Безразличные Вулканические (P _V) Плейстоцен	Они расположены к юго-западу от кантона Каямбе, образуя очень высокие холинированные вулканические рельефы, состоящие из порфиритовых андезитовых лав и пирокластического материала.
Вулканические Каямбе (Q _y) Четвертичный	Это геологическое образование соответствует вулканическим продуктам, которые осаждаются в восточной части кантона в непосредственной близости от вулкана Каямбе.
Образование Кангауа (Q _c) Четвертичный	Это образование распространено по всему кантону в виде слоя почвенного покрова, состоящего из вулканического туфа и пепла. В основе этого образования лежат пирокласты пемзы в слоях толщиной от 2 до 4 м.
Ледниковое отл. (d _g) Четвертичный	Это образование представлено моренами и флювио-ледниковыми отложениями, состоящими из вулканических пород, округлых до субангулярных в плохо консолидированной глинистой ареновой матрице, фрагментов различных размеров андезитов и пород, связанных с каждым сектором.
Аллювиальное отл. (Q ₁) Четвертичный	Эти месторождения расположены на окраинах основных рек кантона. Они состоят из субредондированных или округлых кластеров различного состава и размера (гравий, песок, ил и глины).
Колувиальное отл. (Q ₂) Четвертичный	Эти отложения соответствуют плоским поверхностям, которые появляются у подножия склона в результате гравитационного переноса материалов, возникающих в результате распада первичных рельефов, состоят из рыхлого и неоднородного материала, почвы и кластеров разного размера.
Колувиально-аллювиальные отл. (Q ₃) Четвертичный	Эти отложения соответствуют субконгулярным и субангулярным кластерам, связанным с илистым и песчаным материалом. Этот материал заполняет долины, образованные реками и частью водосборных бассейнов. Они расположены в Южной и северной части кантона.

2.3.2. Гидрологические и гидрогеологические условия

Бассейн определяется в первую очередь его контуром, который имеет определенную форму и охватывает определенную поверхность. Форма бассейна будет оказывать влияние на сток, скорость, с которой вода достигает основного русла и дает нам характеристики паводков.

Дренажная зона исследуемого района, принадлежащего кантону Каямбе, соответствует бассейну рек Эсмеральдас, Напо и Мира, соответствующему субсектору Рио-Гуайлабамба, Рио-Кока и Рио-мира соответственно. В этом районе было разграничено в общей сложности 46 рек [33,40].

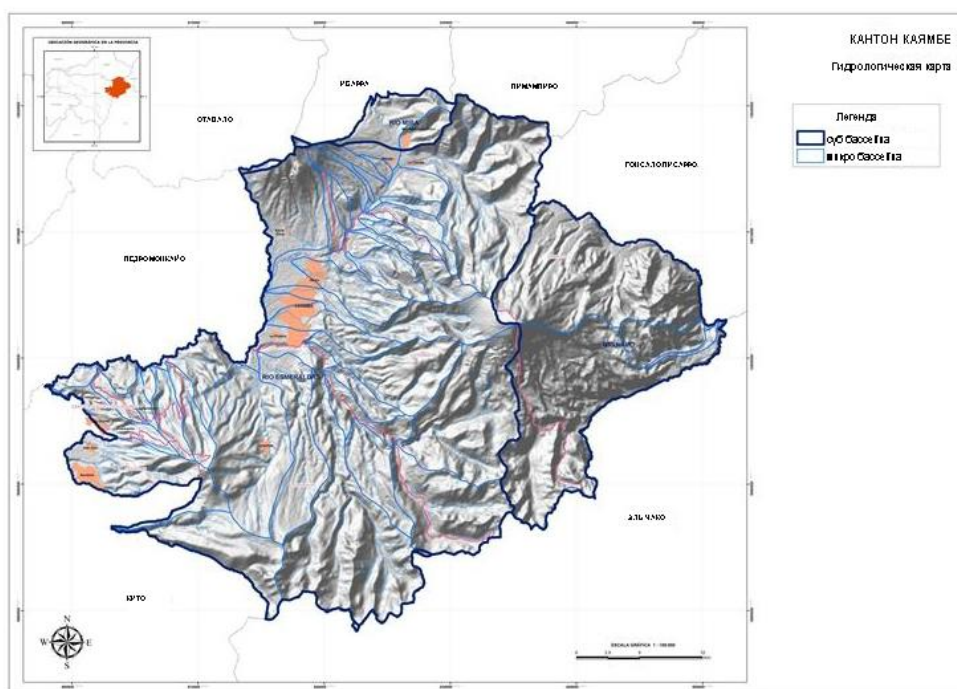


Рисунок 2.12 — Гидрология кантона Каямбе [33]

Водный баланс, рассчитанный по данным метеостанции Ольмедо-Пичинча, показывает, что в период с января по май и с октября по декабрь количество осадков превышает эвапотранспирацию. Дефицит воды наблюдается в период с июня по сентябрь из-за уменьшения количества осадков в августе. Значение просачивания воды варьируется от 11,70 - 61,3 мм. Пополнение воды происходит в течение месяцев с февраля по апрель и с октября по декабрь, со

значениями в диапазоне 3,41 - 9,16 мм. Ежегодно пополнение воды составляет 45,03 мм/год [41].

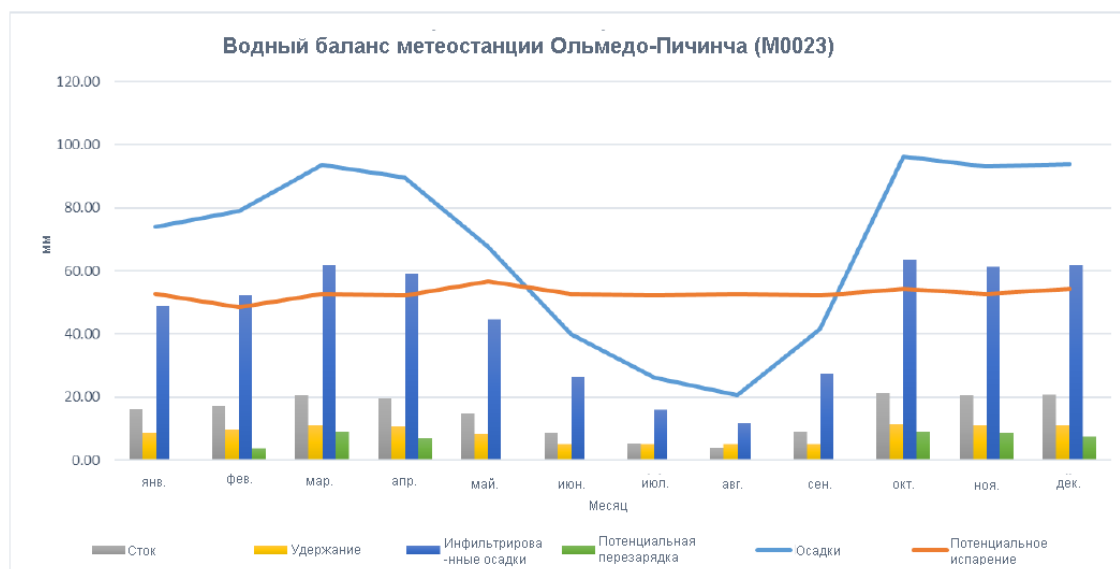


Рисунок 2.13 — Водный баланс метеостанции Ольмедо-Пичинча [41]

Гидрогеология кантона представлена гидрогеологическим массивом Кито-Мачачи, который занимает площадь 3014 км². В рамках гидрогеологического массива расположены долины Мачачи, Сангольки-Амагуанья, Тумбако, Гуайльябамба-Каямбе и Альтиплано-де-Кито. Река Гуайльябамба представляет собой основной дренаж гидрогеологического массива, основными притоками которого являются реки Мачангара, Сан-Педро, Чиче и Эль-писке [33,40].

Гидрогеологический массив Кито-Мачачи представляет собой удлинённый Грабен, прерванный двумя горными кордонами. Депрессия состоит из современных вулканических отложений и пород, оседающих на палеозойских и мезозойских образованиях. Его текущая конфигурация обусловлена действием различных орогенных периодов, особенно в плейстоцене, осадки расположены хаотически [40].

Геология этого массива состоит из современных вулканических отложений и пород, которые покрывают более старые образования. С учетом литологических особенностей различных геологических образований были разграничены системы водоносных горизонтов, связанные с пирокластическими породами и консолидированными и неконсолидированными кластическими

отложениями плиоцена и четвертичного возраста, которые расположены в долине Мачачи, Лос-Чильос, Кито и Каямбе [40].

В целом, 44 % водостоков имеют расход от 1 до 10 л/с, 35 % - расход 10 до 30 л/с, есть колодец с расходом 120 л/с; на Северо-Востоке город Мачачи находится колодец с расходом 500 л/с. В районе долины реки Эль-Писке коэффициент фильтрации колеблется от 3,5 до 5,3 м²/с. Средние значения электропроводности, рН и температуры грунтовых вод составляет 514,9 мкСм/см, 6,1 и 17,1°С соответственно [40].

Водоносный горизонт Каямбе, расположенный между кантонами Каямбе и Педро Монкайо, эксплуатируется 67 скважинами, колодцами [41].

Водоносный горизонт является частью суббассейна Гуайльябамба, основные стоки которого направляются к рекам Сан-Хосе, Граноблес, Гуачала и Писке. Большинство месторождений относятся к четвертичному периоду, условия идеально подходят для их размещения в материалах с хорошей пористостью и проницаемостью. Высокие части бассейна имеют состав пород, связанный с эффузивными магматическими породами, генерируемыми разнообразным вулканизмом между третичным и четвертичным.

Согласно исследованию грунтовых вод, проведенному [42], Содержание железа, марганца и нитритов в водоносных горизонтах, расположенных в северо-восточной части кантона, находится вблизи допустимых пределов. Тем не менее, они имеют высокую уязвимость к загрязнению из-за интенсивного цветоводства, которое развивается в этом районе. Важно отметить, что подземная вода в этой части кантона используется как для потребления населением, так и для орошения.

2.3.3. Инженерно-геологические особенности грунтов

В некоторых регионах Эквадора были изучены свойства грунтов и почв. Тридцать один процент территории Эквадора имеет относительно однородные вулканические грунты, образованные из пирокластических материалов и связанные с деятельностью нескольких вулканов. В межандинском регионе (1500-3840 метров над уровнем моря) содержание песка выше во всех населенных пунктах, в то время как содержание ила колеблется от 31,7 до 46,5 % в первых трех горизонтах грунты, с очень низкими значениями на четвертом горизонте (1.7 - 4.4 %), богатом пумицитой (25 %), но снова поднимается на пятом горизонте, который является частью другого более древнего вулканического слоя. Эти почвы имеют песчаные суглинистые текстуры в первых трех слоях почвы [43].

Содержание органического вещества уменьшается с увеличением высоты. Между 1500-3840 метров над уровнем моря можно сделать вывод о том, что грунты имеют более высокую водоудерживающую способность, однако пригодная для использования емкость воды низкая из-за низкого уровня ила и глины, и грубой пористости песчаных текстурированных грунтов. Грунты в Сьерра-области имеют слабую структуру суб-угловых блоков разных размеров на горизонтах с песчаной суглинистой текстурой и рыхлыми зернами на песчаных, что способствует аэрации, но означает меньшее удержание воды. Вулканические грунты, характеризуются, казалось бы, низкой плотностью от 0,94 до 1,08 г/см³. Как правило, межандинские грунты менее выветриваются, богаче органическими веществами; хотя средние осадки приводят к большему выщелачиванию [43].

Преобладающими почвами в кантоне Каямбе являются Молизолы (32,07 %), они в основном распределены по переднему контуру вулкана Каямбе. Следует отметить, что эти богатые органическими веществами и плодородные

почвы имеют вулканическое происхождение, с большим распределением вулканического пепла [33].

Андизолы (24,69 %) являются вторым наиболее распространенным типом почв в кантоне по своей дифференцированной характеристике; они представительны по очень черным почвам с чрезмерным органическим веществом, очень пахотными и дифференцированы с почвами последующего порядка из-за низкого насыщения оснований, явления, вызванного избытком влаги. Этот очень характерный ландшафт андских болот, они каталогизированы или необходимы для сохранения [43].

Энтизолы занимают площадь (3,76 %) от общей площади кантона. Они являются почвами, полученными особенно из недавних аллювиальных материалов, в данном случае из недавнего вулканического материала. Это очень бесплодные почвы, особенно в сухом секторе Кантона, с очень плохой органической нагрузкой и очень примитивными эдафическими характеристиками [44].

Наконец, есть Инкептизолы (1,88 %), которые распространяются в небольших областях, близких к сухим вулканическим поверхностям или равнинам, с небольшим эдафологическим развитием. Они характеризуются небольшим количеством органического вещества и высокой насыщенностью оснований, подавляющее большинство из которых имеют затвердевшие горизонты на разных глубинах [44].

2.3.4. Современные геологические процессы

Территории с горным рельефом, как правило, характеризуются наличием и развитием склоновых процессов, таких как: обвалы, осыпь, оползни, эрозия и т. д.

На исследуемой территории в наибольшей степени развиты обвалы, осыпи, как правило, на склонах дорог и рек, связанных с аномальными гидрометеорологическими явлениями и сейсмическими явлениями, в меньшей степени - с вулканизмом.

Разные факторы влияют на проявления эти процессы: степень наклона местности, тип почв, протяженность склонов, основные геологические образования, количество осадков (годовое количество и распределение), наличие разломов, землетрясения, а также некоторые антропогенные действия [35].

Наибольшее воздействие происходит на горных дорогах, где снижается устойчивость склонов и происходят оползни или обвалы на дорогах и зданиях. Затраты, связанные со стабилизацией склонов, высоки, поэтому дороги страны, как правило, не имеют такой инфраструктуры, за некоторыми исключениями [35].

2.4. Выводы к главе 2

Кантон Каямбе из-за своего расположения на территории Эквадора подвергается геологическим процессам, таким как вулканизм и сейсмичность, которые создают опасные ситуации для населения и инфраструктуры.

Температура обычно колеблется от 10 до 20 °C и редко опускается ниже 8 °C или поднимается выше 22 °C. Месяцы с самыми высокими температурами

февраль, март и апрель, в то время как месяцы августа и сентября присутствуют самые низкие температуры по сравнению со средним годовым показателем.

Ежемесячное количество осадков в кантоне колеблется от 1350 мм до 1500 мм. Самые дождливые месяцы-с января по май и с октября по декабрь, а самые сухие периоды-в июне, июле, августе и сентябре

Развитие склоновых процессов в кантоне Каямбе обусловлено рядом факторов, которые влияют как независимо, так и совместно; одним из наиболее важных является его разнообразная орография с крутыми склонами, за которой следуют климатические и дождевые условия, внешние процессы, связанные с вулканизмом и сейсмичностью, и процессы, связанные с деятельностью человека.

ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

3.1. Цели, задачи

Цель данной главы заключается в определении местоположения склоновых процессов на территории и составление прогнозных карт подверженности территории склоновым процессам. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- Составление инвентаризационной карты склоновых процессов
- Выявление факторов, влияющих на проявление склоновых процессов
- Составление прогнозных карт подверженности территории склоновым процессам.

3.2. Методики оценки оползневой опасности

3.2.1. Методика оценки место проявлений склоновых процессов

Данная методика основана на предположении о том, что будущие склоновые процессы будут происходить в тех же условиях, что и предыдущие процессы. Это означает, что условия прошлого склонового процесса являются ключом к будущему. Для подготовки инвентаризационной карты склоновых процессов были надлежащим образом определены и нанесены места их возникновения.

Инвентаризационная карта склоновых процессов исследуемой территории была подготовлена на основе интерпретации изображений Google Earth и применения методологии увеличения контрастов, предложенной Gond &

Brognoli, 2005. Данная методология была впервые разработана для выявления деятельности человека во влажных тропических лесах во Французской Гвиане. Позднее, в 2007 году, методология была успешно применена [31] для выявления оползней в бассейне реки Мокотис, штат Мерида-Венесуэла.

Применение методологии основано на использовании индекса растительности (NDVI), индекса влажности лиственных тканей (NDWI) и среднего инфракрасного (MIR). Используемые спектральные каналы получены со спутника Landsat 8 и включают: красный (RED: 0,64 - 0,67 мкм), ближне-инфракрасный (Near-Infrared: 0,85 - 0,88 мкм) и средне-инфракрасный (SWIR 1:1,57 - 1,65 мкм) с разрешением 30 м каждый.

Расчет индекса растительности

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Где: NDVI — нормализованный относительный индекс растительности; NIR — это спектральный диапазон, близкий к инфракрасному, а RED — это красный спектральный диапазон.

Расчет водного индекса

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Где: NDWI — Нормированный расходный водный индекс; NIR — спектральный диапазон, близкий к инфракрасному, а GREEN — спектральный диапазон.

Эти два индекса в сочетании со средним инфракрасным спектральным диапазоном позволяют дифференцировать высокий контраст в числовых значениях спутникового изображения. Затем устанавливаются пороговые значения для выделения запрашиваемой информации.

Методология увеличения контрастов позволяет адекватно изолировать объекты исследования. После идентификации объектов исследования выполняется векторизация для извлечения полезной информации. Полученные в результате многоугольники могут использоваться различными программами ГИС.

Данная методология применялась к трем спутниковым снимкам Landsat - 8, полученным в 2014, 2016 и 2020 годах с портала Геологической службы США, USGS. Спутниковые изображения проектировались в формате UTM (Universal Transverse Mercator, 17 S) в геодезической референтной WGS84 (World Geodesic System 1984).

Таблица 3.1 — Идентификация спутниковых снимков

Идентификатор	Дата	Дистанционный датчик
LC08_L1TP_010060_20141030_20200910_02_T1	30.10.2014	Landsat 8
LC08_L1TP_010060_20161120_20200905_02_T1	20.11.2016	Landsat 8
LC08_L1TP_010060_20200811_20200822_01_T1	11.08.2020	Landsat 8

Было выявлено в общей сложности 384 зон проявления склоновых процессов (рисунок 3.1г), общая площадь которых составила 0,54 км². Обнаружено 28 проявлений склоновых процессов в 2014 году (рисунок 3.1а), 207 - в 2016- (рисунок 3.1б) и 149 в 2020 г. (рисунок 3.1в).

Таблица 3.2 — Количество склоновых процессов

Год	Количество склоновых процессов	Площадь, км ²
2014	28	0,11
2016	207	0,23
2020	149	0,20
Итог	384	0,54

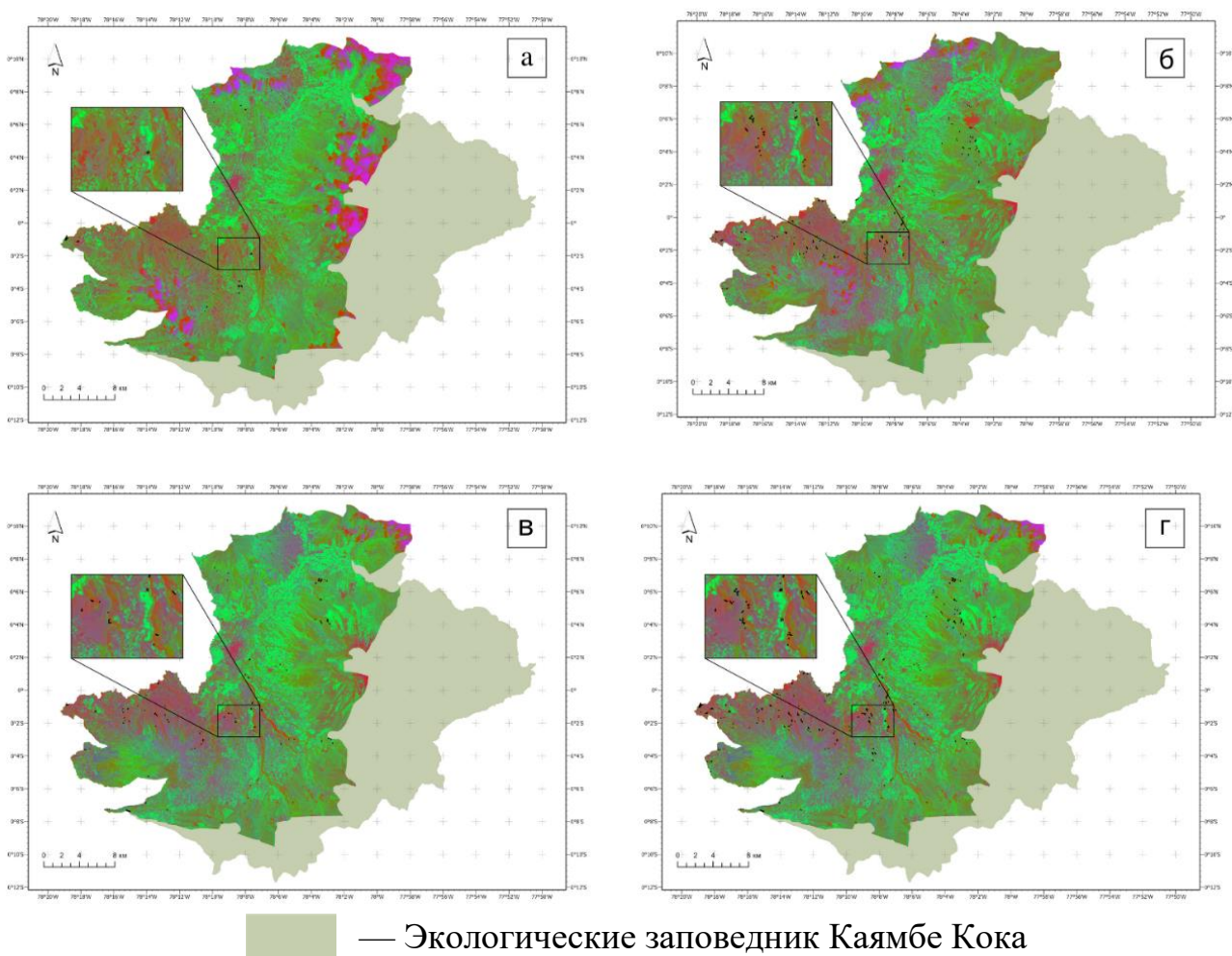


Рисунок 3.1 — Инвентаризационные карты склоновых процессов: а) 2014 года; б) 2016 год; в) 2020 год; г) итоговая. Зоны проявления склоновых процессов отмечены черным цветом

3.2.2. Методики оценки восприимчивости территории к развитию оползней

Оползнеобуславливающие факторы

Корреляцию между зонами склоновых процессов и сопутствующими факторами, вызывающими скольжение, можно определить по связям между зонами без скольжения и параметрам, связанным со склоновыми процессами.

В настоящем исследовании были проанализированы восемь факторов, определяющих степень вероятности оползней, таких, как наклон склона, кривизна, NDVI, расстояние до рек, расстояние до дорог, вулканизм и

стратиграфо-генетические комплексы. Эти конкретные факторы были выбраны для оценки вынесенного решения.

Склон считается одним из основных причинных факторов оползневых явлений и широко используется при картировании подверженности оползням; этот параметр был получен на основе ЦМР с помощью инструментов пространственного анализа дуговой ГИС и реклассифицирован на семь классов 0° - 2° , 2° - 4° , 4° - 7° , 7° - 14° , 14° - 27° , 27° - 37° , и $>37^{\circ}$.

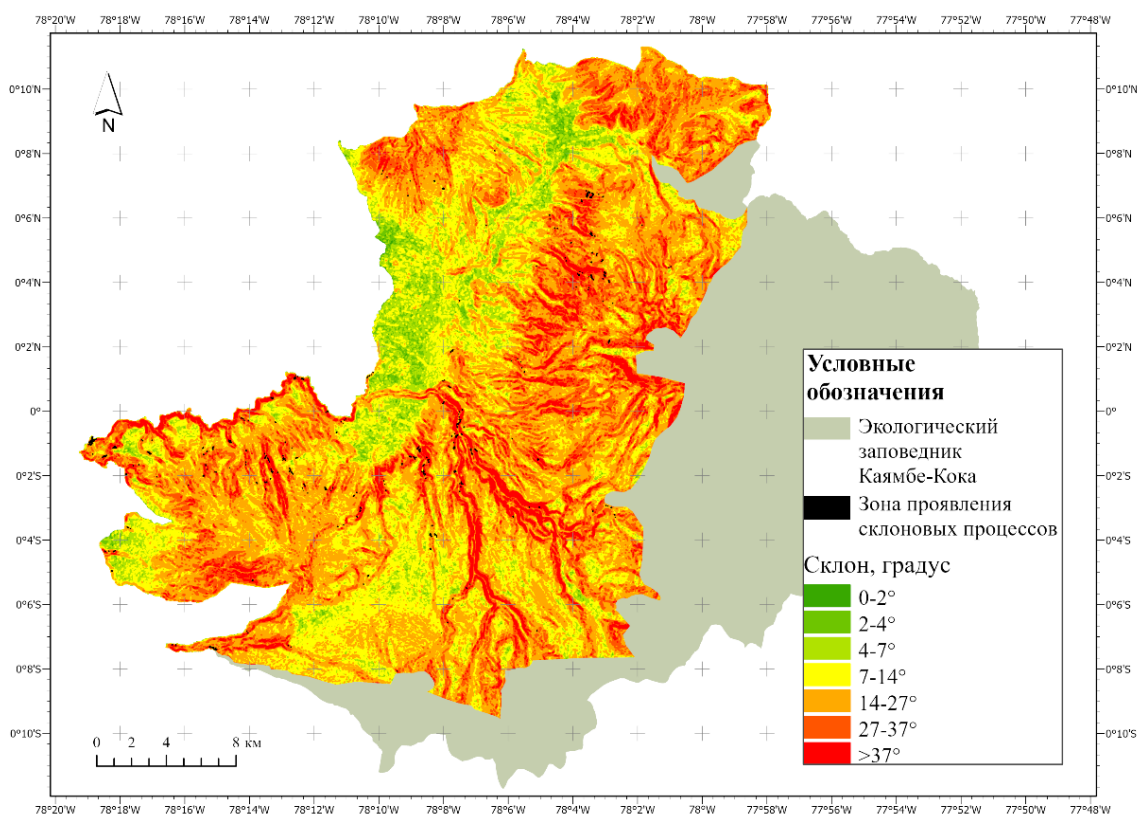


Рисунок 3.2 — Карта склонов кантона Каямбе

Кривизна определяется как скорость изменения градиента наклона в определенном направлении; значения представляют морфологию топографии. Кривизна была выбрана в качестве причинного фактора на том основании, что она влияет на гидрологическое состояние почвенного покрова. Потенциально после дождя почвенный покров на вогнутом склоне может содержать больше воды и удерживать ее в течение более длительного периода времени, чем выпуклый склон [28,45].

С другой стороны, во многих местах выпуклые склоны отмечают выход твёрдой породы среди самых слабых грунтов. Следовательно, области вогнутого профиля склонов более вероятны к оползням, чем выпуклые области. Чем более отрицательное значение, тем выше вероятность оползней и чем более положительное значение, тем ниже вероятность [45].

Отрицательная кривизна представляет вогнутую, нулевая кривизна представляет плоскость, а положительная кривизна представляет выпуклые области; таким образом, растр был классифицирован на три класса.

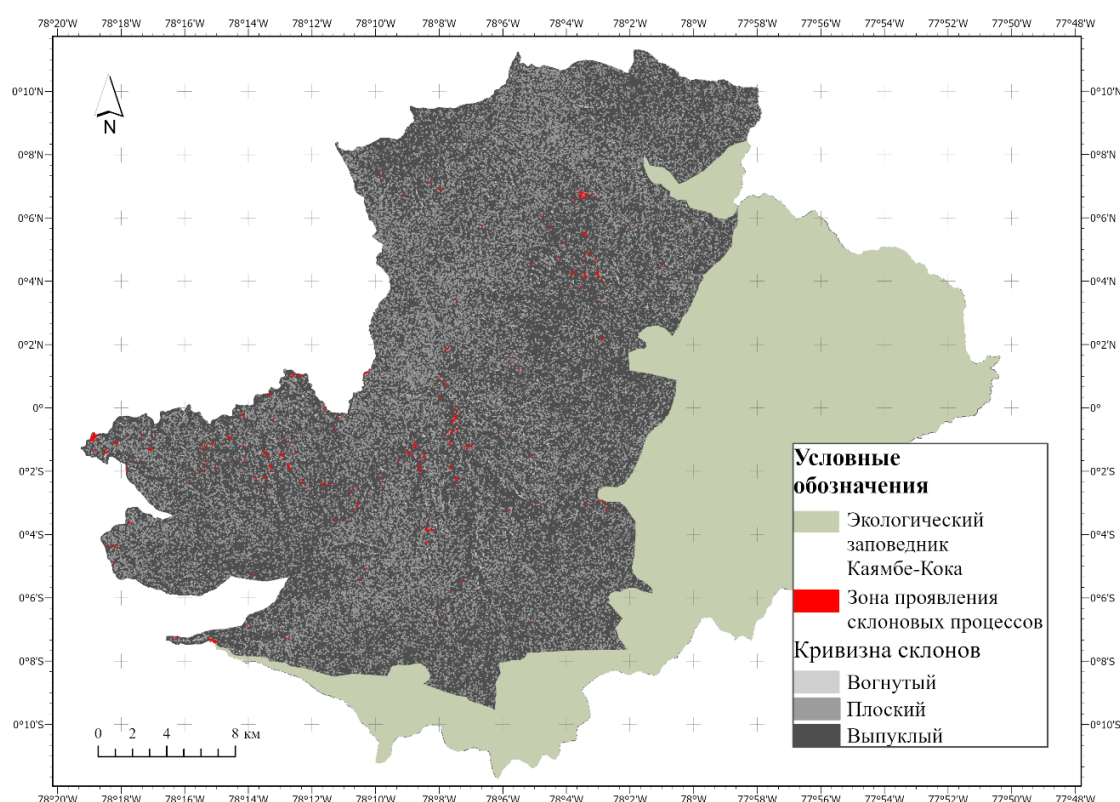


Рисунок 3.3 — Карта кривизны кантона Каямбе

Экспозиция является наиболее важным источником изменения свойств грунта. Экспозиция определяет направление нисходящего склона. Она измеряется по часовой стрелке в градусах 0 (к северу) до 360 (к северу снова), образуя полный круг. Плоские участки имеют значение -1 [46].

Влияние экспозиция склона отражается в различиях в температуре и влажности между полярным и экваториальным воздействием. Таким образом, склоны, обращенные к югу и западу теплее, чем склоны - к востоку и северу. С

другой стороны, южные склоны в горном районе позволяют определить места, где снег может таять в первую очередь. Различия в воздействии по склонам определяют изменения свойств почвы в результате их воздействия на микроклиматические и вегетационные условия. Такие параметры, связанные с ориентацией склона, как воздействие солнечного света, сухого ветра, осадков и разрывов непрерывности, могут влиять на возникновение оползней.

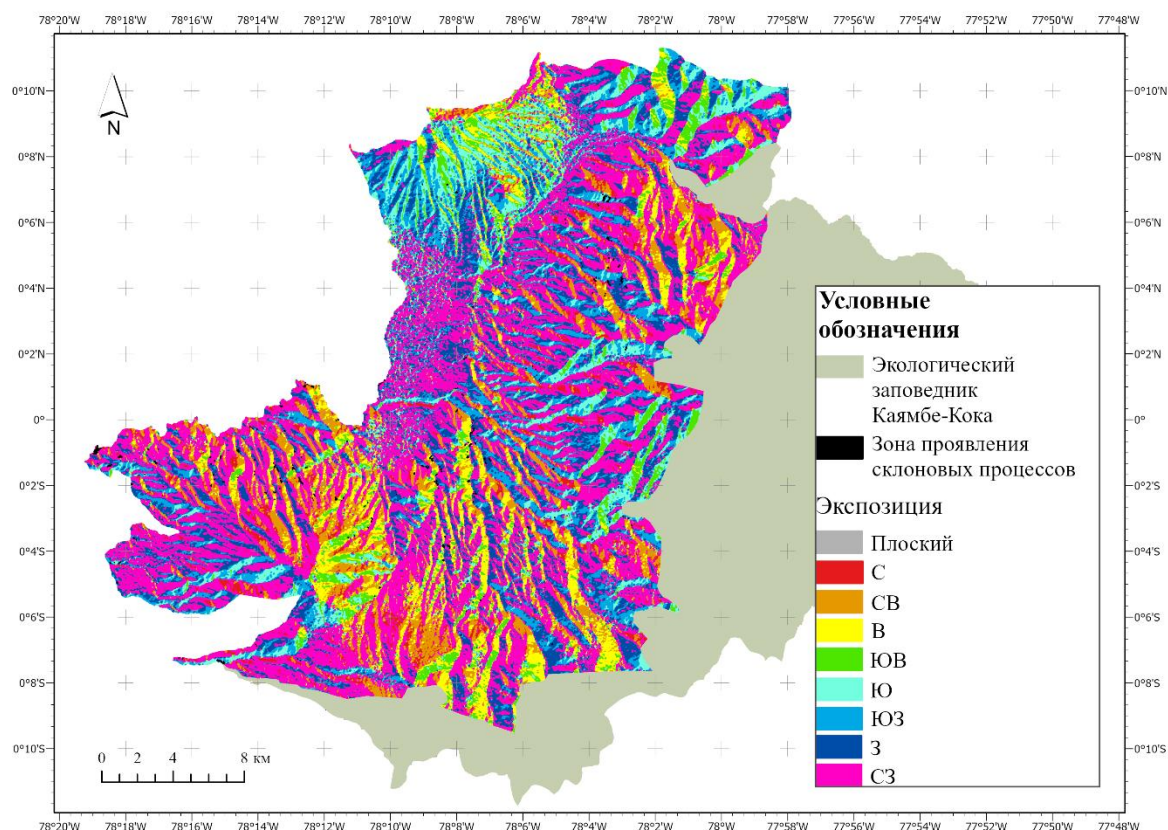


Рисунок 3.4 — Карта экспозиции кантона Каямбе

Экспозиция склонов была разделена на девять категорий: плоская (-1°), северная (0° - $22,5^\circ$; $337,5^\circ$ - 360°), северо-восточная ($22,5^\circ$ - $67,5^\circ$), восточная ($67,5^\circ$ - $112,5^\circ$), юго-восточная ($112,5^\circ$ - $157,5^\circ$), южная ($157,5^\circ$ - $202,5^\circ$), юго-западная ($202,5^\circ$ - $247,5^\circ$), западная ($247,5^\circ$ - $292,5^\circ$ - $292,5^\circ$ - $337,5^\circ$), северо-западная ($292,5^\circ$ - $337,5^\circ$)

NDVI обозначает различия между видимым красным и ближнеинфракрасным излучением, связанные с характеристиками растительности. Индекс показывает значения в диапазоне от -1 до +1, которые обозначают участки растительности на изображении. В отсутствии

растительности (например, голой почвы, породы и городских районов) NDVI имеет положительные (0-0,3) или отрицательные низкие значения.

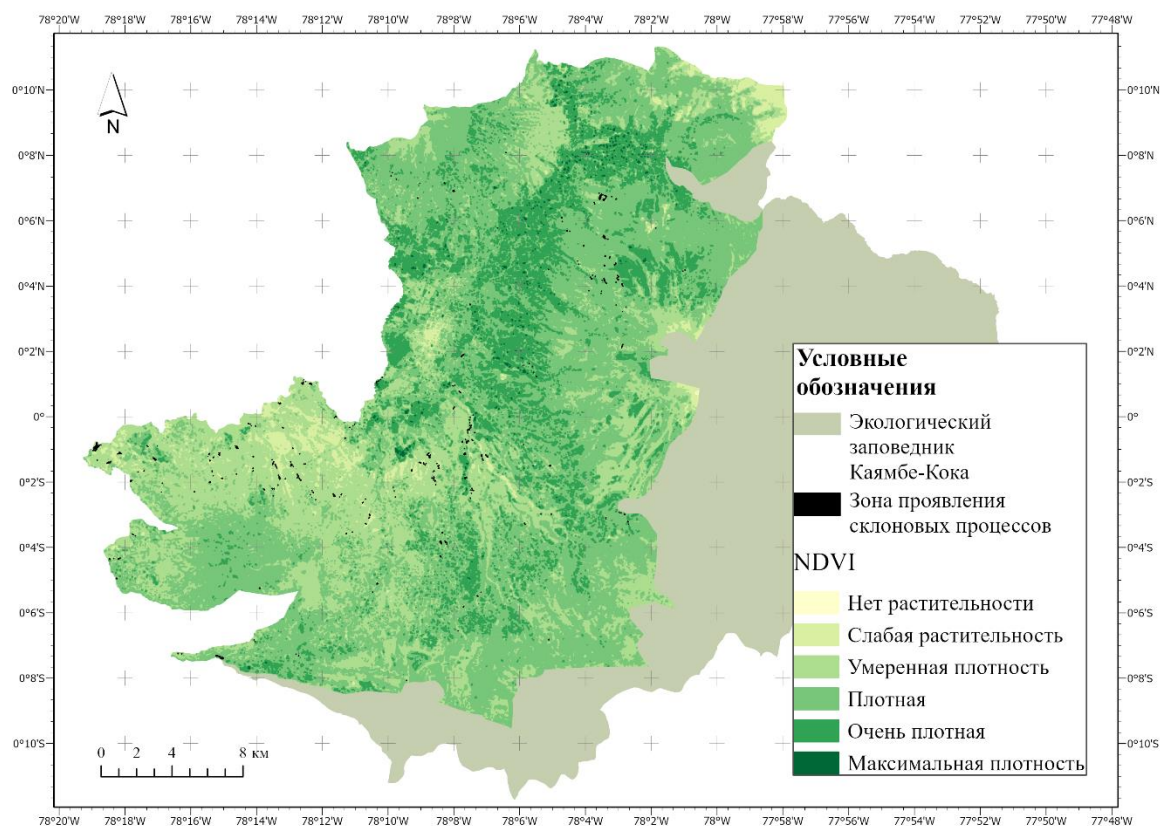


Рисунок 3.5 2— Карта NDVI кантона Каямбе

Для исследуемого района значение NDVI варьируется от -0,31 до 0,67. Карта NDVI с шестью классами была построена на основе расчетных значений. Значения между -0,31-0 – Нет растительности; 0-0,15 – Слабая растительность; 0,15-0,30 – умеренная растительность; 0,30-0,45 – Плотная растительность; 0,45-0,60 – Очень плотная и >0,60 – Максимальная плотная.

Расстояние до рек является одним из факторов, определяющих стабильность склона, поскольку они разрушают основание склона, вызывая процессы эрозии. Следовательно, по мере увеличения расстояния от водотоков уменьшается риск соскальзывания грунтов [45].

По параметру «Расстояние до рек» были выделены три класса с помощью ArcGIS Pro: до 200 м, в пределах 200-500 м и более 500 м.

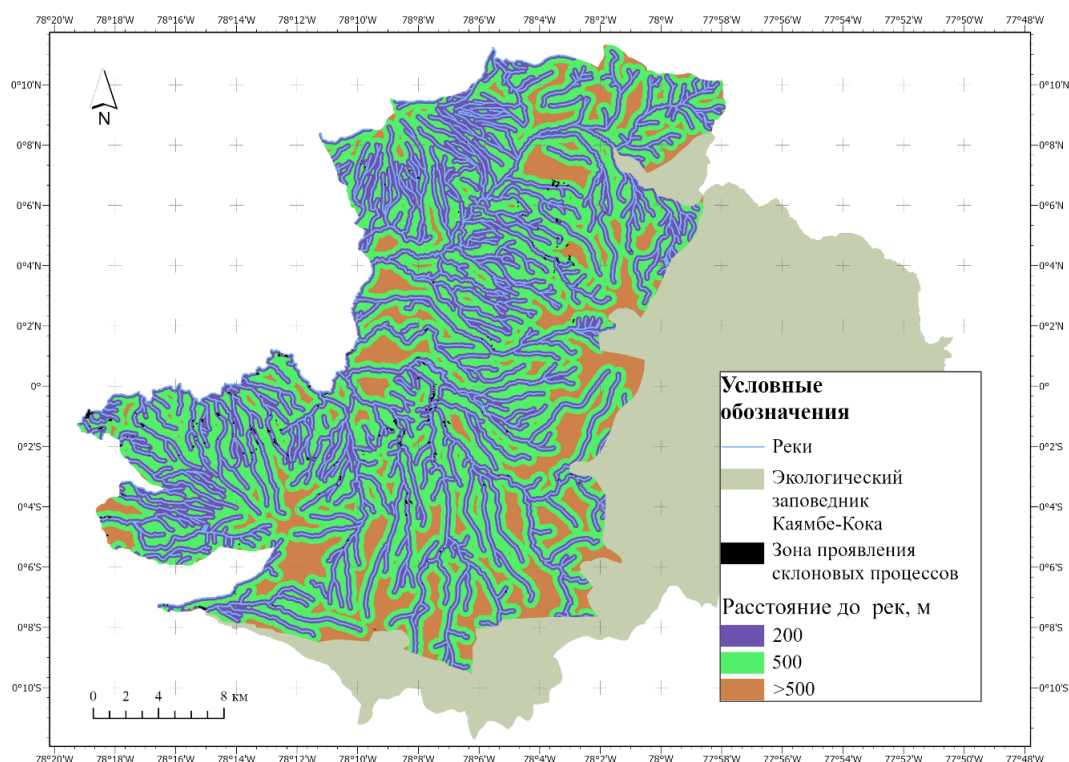


Рисунок 3.6 — Карта расстояния до рек кантона Каямбе

По параметру «*Расстояние до дороги*» было выделено три класса с помощью ArcGIS Pro: расстояние до 500 м, в пределах 500-1000 м и более 1000 м.

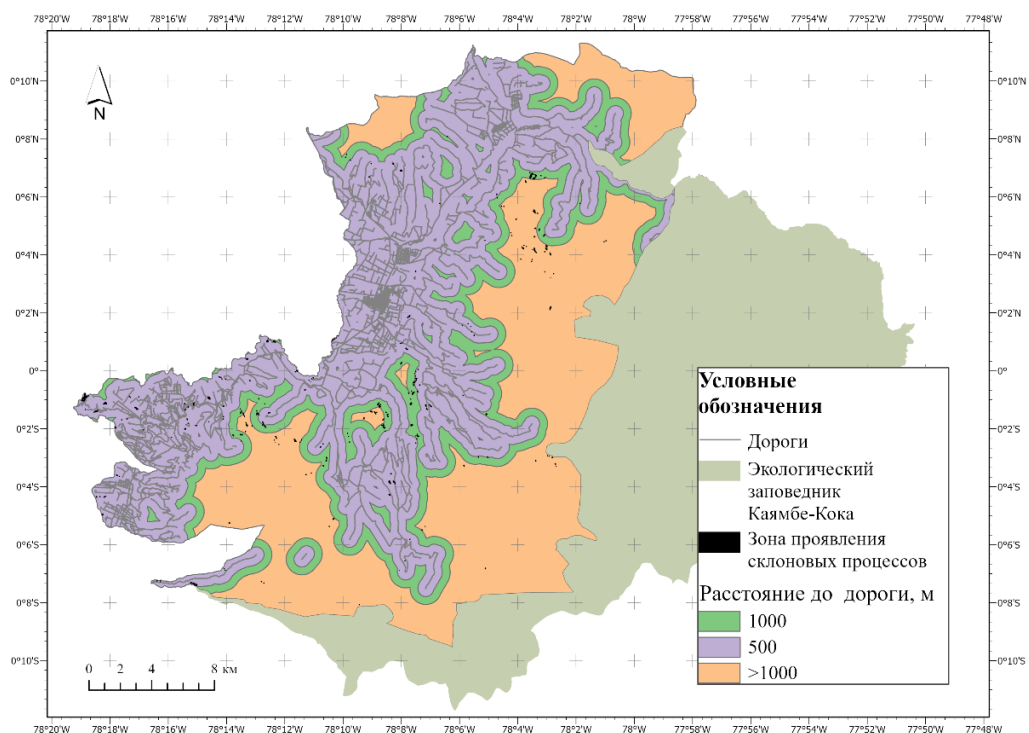


Рисунок 3.7 — Карта расстояния до дороги

Опасность вулканов была определена исходя из вероятности возникновения лавин лахаров и завалов. Фактор опасности вулканов был разделен на четыре фактора: очень низкий, низкий, средний, высокий.

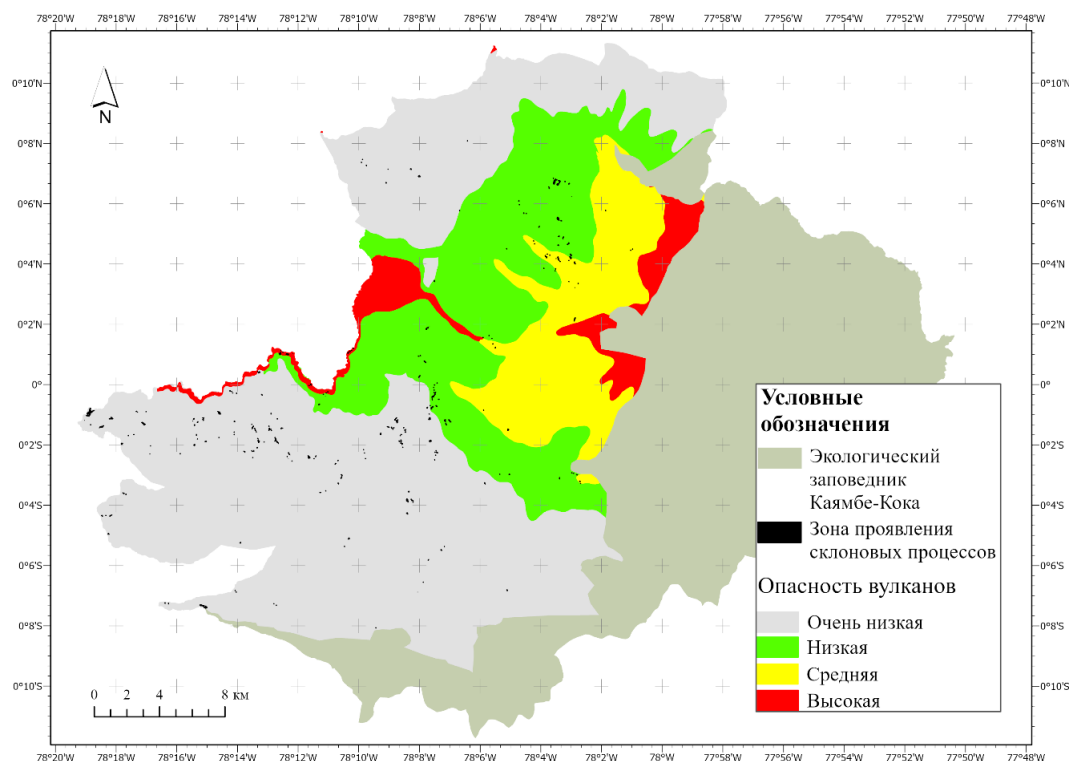


Рисунок 3.8 — Карта опасности вулканов

Стратиграфо-генетические комплексы исследуемого района была разделены на 11 классов: вулканические, отложения Чиче, водно-ледниковые отложения, Кангауа, зона обрушения - деляпсий, недифференцированные террасы, отложения грязевых вулканических потоков, озерные отложения, коллювиальные отложения, аллювиальные отложения, ледниковые отложения.

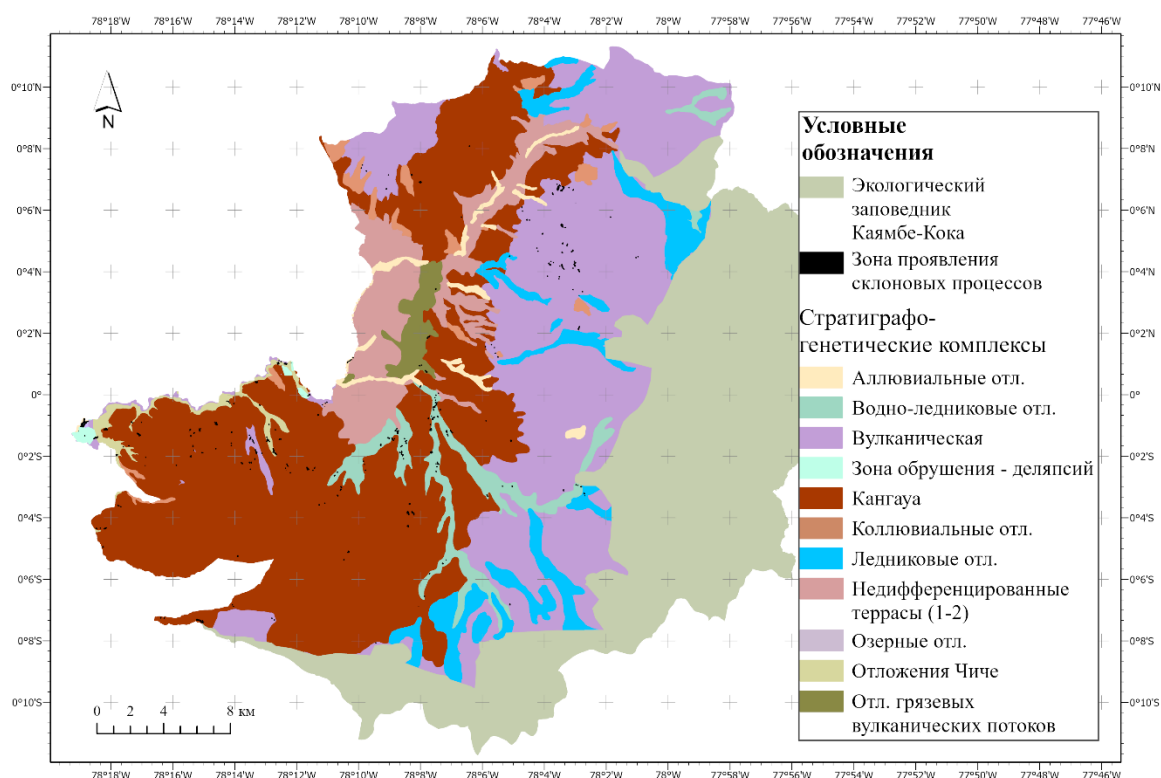


Рисунок 3.9 — Карта стратиграфо-геологических комплексов кантона Каямбе

Метод FR (отношение частотностей)

Коэффициент частотности как бивариантный статистический метод представляет собой очень простую и полезную модель для оценки подверженности оползням. Методы соотношения частот основаны на наблюдаемых взаимосвязях между распределением оползней и каждым из связанных с ними факторов, с тем чтобы выявить корреляцию между местами проявления процесса и факторами, его обуславливающими, в исследуемом районе [45].

Для определения «веса» каждого фактора методом FR на первом этапе были посчитаны площади каждого класса каждого фактора и их доли (%) от площади исследуемого участка. Далее в пределах каждого класса определены площадь проявления ЭГП (в км² и %), а также отношение % площади проявления ЭГП к % площади самого класса (вес FR). Вес каждого фактора и их классов приведены в таблице 3.5.

Затем были добавлены значения для получения индекса подверженности оползням с использованием следующего уравнения:

$$LSI = \sum FR_i$$

Метод анализа иерархий (АНР)

Процесс аналитической иерархии представляет собой субъективную, качественную модель и был разработан Т.Саати в 1970-х годах. Этот процесс представляет собой теорию количественной оценки поддающихся количественной оценке и неосязаемых критериев, опирающихся на отдельного человека или группу экспертов. АНР — это многоцелевой, многокритериальный подход к принятию решений, который позволяет пользователю получить масштаб предпочтений из набора альтернатив [45,47].

Оценка по методу АНР проводилась с учетом инвентаризационной карты склоновых процессов; эксперт выявляет местопроявления оползней (на основе спутниковых изображений, старых данных и т.д.), основные факторы, обуславливающие оползание грунтов (на основе имеющихся пространственных данных), с использованием экспертных суждений.

Для проведения этих сопоставлений "парами" Saaty в 1980 году установил фундаментальную числовую шкалу для сравнения пар элементов, которая показывает, во сколько раз более важен или доминирует элемент по сравнению с другим в отношении критерия или свойства, по которому они сопоставляются.

Таблица 3.3 — Шкала сравнения значимости факторов по Т.Саати

Шкала	Степень предпочтения	Описание
1	Равный	Достижению цели в равной степени способствуют два вида деятельности
3	Умеренно	Опыт и суждения в значительной степени благоприятствуют одному виду деятельности по сравнению с другим
5	Сильный	Опыт и суждения сильно или, по существу, отдают предпочтение одному виду деятельности по сравнению с другим
7	Очень сильный	Тот или иной вид деятельности пользуется большой поддержкой по сравнению с другим видом деятельности, и его доминирующее положение проявляется на практике
9	Особо	Подтверждение предпочтительности одного вида деятельности по сравнению с другим является максимально возможным подтверждением
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения	Используется для обозначения компромиссов между предпочтениями в весах 1, 3, 5, 7 и 9
Обратные величины приведенных выше чисел	Если действию i при сравнении с действием j приписывается одно из приведенных выше чисел, то действию j при сравнении с i приписывается обратное значение	Обоснованное предположение

Если коэффициент на вертикальной оси имеет более важное значение, чем коэффициент на горизонтальной оси, то это значение колеблется в пределах от 1 до 9. И наоборот, это значение варьируется от 1/2 до 1/9.

После расчета стандартных весов (таблица 3.5) согласованность проверялась путем расчета коэффициента непротиворечивости (CR); для этого индекс непротиворечивости (CI) определялся с помощью формулы:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

где λ - средний вектор меры непротиворечивости, а n - число критериев, используемых в исследовании. Коэффициент окончательной непротиворечивости (CR) был вычислен путём деления CI и RI.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

где CI - индекс непротиворечивости и RI - индекс случайной непротиворечивости (таблица 3.4).

Таблица 3.4 — Индекс случайной непротиворечивости

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Матрица с удовлетворительным уровнем согласованности должна иметь CR менее 0,10, чтобы подчеркнуть тот факт, что ранжирование является последовательным и надежным; величина, превышающая 0,1, требует пересмотра решения в матрице [47].

Таблица 3.5 — Результаты определения «веса» факторов, обуславливающих развитие склоновых процессов методом FR и АНР

Фактор	Классы	Площадь класса		Площадь проявления ЭГП		FR	АНР	АНР класса
		км ²	%	км ²	%			
Кривизна склонов	Вогнутый	370,73	47,22	0,23	41,94	0,89	0,10	0,08
	Плоский	36,26	4,62	0,02	3,41	0,74	0,26	
	Выпуклый	378,14	48,16	0,29	54,65	1,13	0,64	
Экспозиция	Плоский (-1)	0,20	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
	Северный	117,78	15,07	0,07	13,16	0,87	0,03	
	Северо-восточный (22.5-67.5)	97,42	12,46	0,08	15,23	1,22	0,03	
	Восточный (67.5-112.5)	61,38	7,85	0,05	9,59	1,22	0,08	
	Юго-восточный (112.5-157.5)	49,84	6,38	0,02	3,38	0,53	0,12	
	Южный (157.5-202.5)	71,11	9,10	0,03	5,83	0,64	0,45	
	Юго-западный (202.5-247.5)	113,31	14,49	0,10	18,42	1,27	0,17	
	Западный (247.5-292.5)	138,42	17,71	0,10	19,55	1,10	0,06	
	Северо-западный (292.5-337.5)	132,32	16,93	0,08	14,85	0,88	0,05	
Расстояние до реки, м	200	396,70	50,49	0,45	84,10	1,67	0,63	0,14
	500	296,23	37,70	0,08	14,55	0,39	0,22	
	>500	92,80	11,81	0,01	1,35	0,11	0,15	
Расстояние до дороги, м	500	373,36	47,54	0,28	51,43	1,08	0,49	0,12
	1000	106,54	13,56	0,16	28,89	2,13	0,31	
	>1000	305,51	38,90	0,11	19,68	0,51	0,20	
Склон, градусов	0-2°	21,50	2,74	0,00	0,00	0,00	0,04	0,32
	2-4°	52,18	6,65	0,00	0,00	0,00	0,05	
	4-7°	98,44	12,54	0,00	0,00	0,00	0,07	
	7-14°	225,24	28,69	0,05	8,44	0,29	0,10	
	14-27°	269,86	34,37	0,23	42,41	1,23	0,15	
	27-37°	88,86	11,32	0,18	32,68	2,89	0,15	
	>37°	29,05	3,70	0,09	16,48	4,45	0,44	
NDVI	-0,31 - 0	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,40	0,05

	0 - 0,15	49,19	6,26	0,10	17,84	2,85	0,21	
	0,15 - 0,30	316,08	40,25	0,38	70,45	1,75	0,16	
	0,30 - 0,45	350,44	44,62	0,06	10,97	0,25	0,13	
	0,45 - 0,60	68,67	8,74	0,00	0,74	0,09	0,06	
	0,60 - 0,67	0,80	0,10	0,00	0,00	0,00	0,04	
Опасность вулканов	Очень низкая	467,773	59,56	0,35	64,22	1,08	0,41	0,06
	Низкая	186,66	23,77	0,14	25,24	1,06	0,26	
	Средняя	96,09	12,23	0,04	6,52	0,53	0,22	
	Высокая	34,88	4,44	0,02	4,02	0,90	0,10	
Стратиграфо-генетические комплексы	Вулканическая	263,80	33,59	0,14	26,68	0,79	0,19	0,03
	Отложения Чиче	8,44	1,07	0,04	8,17	7,60	0,13	
	Водно-ледниковые отложения	34,36	4,37	0,10	19,30	4,41	0,14	
	Кангауа	341,48	43,48	0,18	33,26	0,77	0,10	
	Зона обрушения - деляпсий	1,46	0,19	0,04	8,19	44,07	0,12	
	Недифференцированные террасы (1-2)	61,78	7,87	0,00	0,37	0,05	0,09	
	Отложения грязевых вулканических потоков	10,75	1,37	0,01	1,30	0,95	0,06	
	Озерные отложения	0,03	0,00	0,00	0,15	39,83	0,07	
	Коллювиальные отложения	9,79	1,25	0,00	0,00	0,00	0,05	
	Аллювиальные отложения	7,72	0,98	0,01	2,16	2,20	0,03	
	Ледниковые отложения	45,78	5,83	0,00	0,41	0,07	0,02	

В результате этих анализов (FR и АНР) были разработаны прогнозные карты восприимчивости территории к развитию склоновых процессов (рисунок 3.10 и 3.11).

Окончательные прогнозные карты восприимчивости были реклассифицированы с помощью ArcGIS в пять классов с использованием метода классификации естественных границ (Jenks): очень низкий, низкий, средний, высокий и очень высокий.

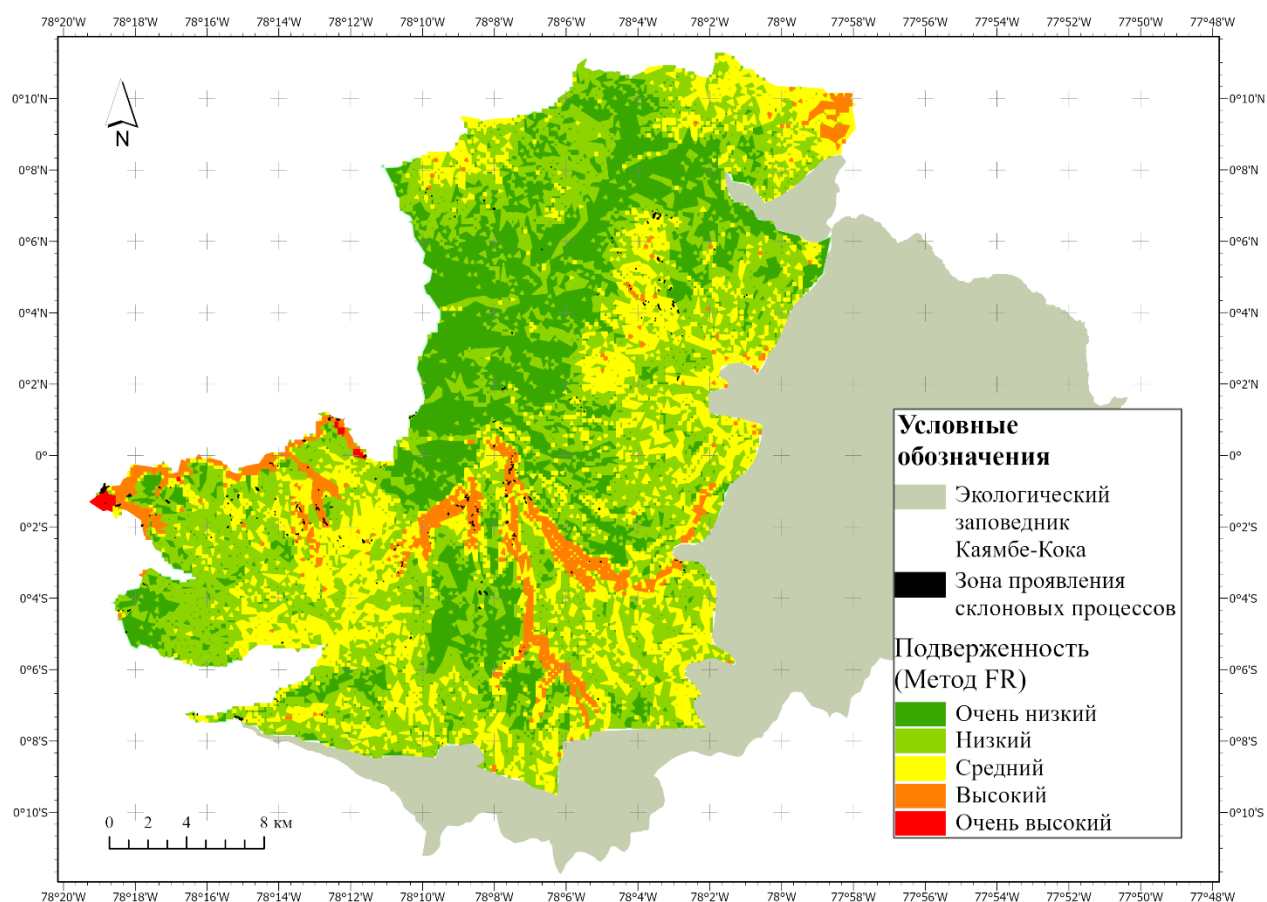


Рисунок 3.10 — Прогнозная карта подверженности территории склоновым процессам методом FR

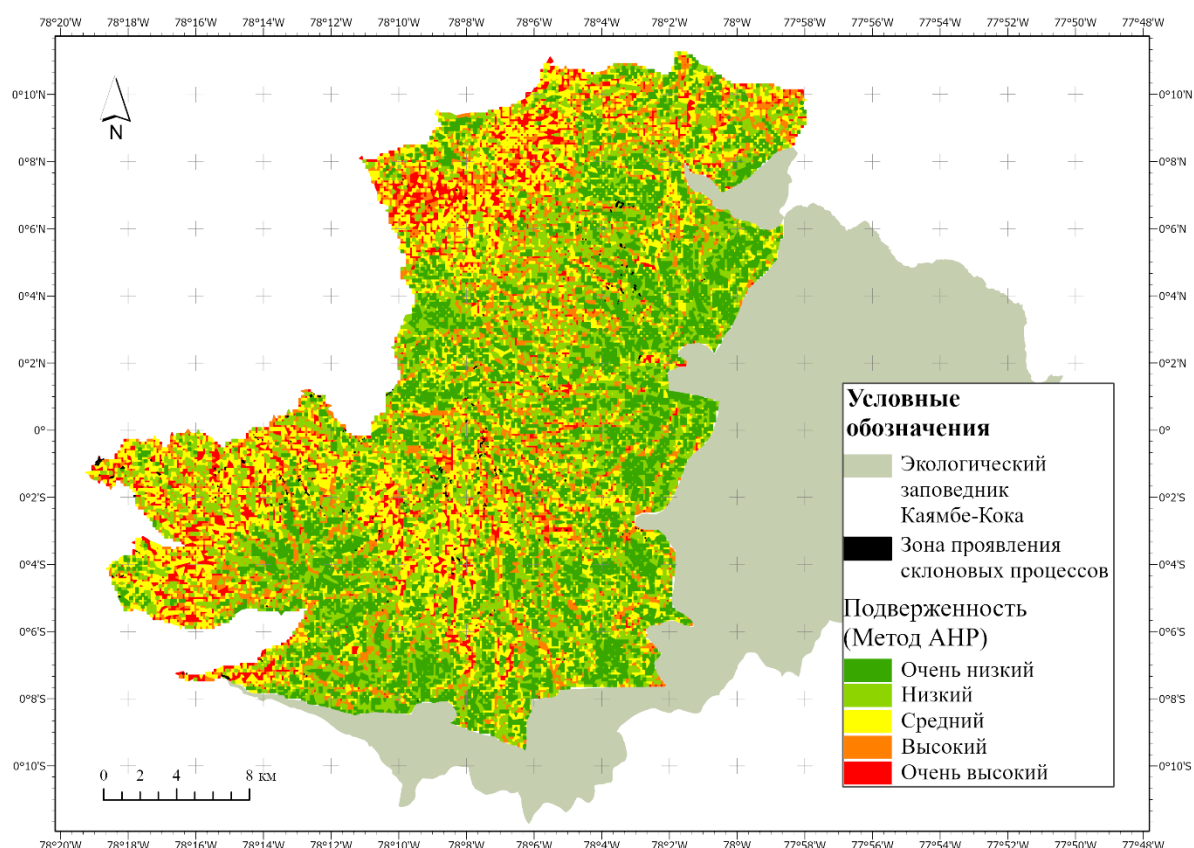


Рисунок 3.11 3— Прогнозная карта подверженности территории склоновым процессам методом АНР

На прогнозных картах видно, что обе методологии имеют сходство в некоторых областях в отношении высоких и очень высоких уровней восприимчивости, однако важно подчеркнуть, что наблюдаемые различия обусловлены распределением весов по каждому фактору.

Анализ факторов

Стратиграфо-генетические комплексы исследуемой территории являются наиболее важным фактором при анализе восприимчивости. В обследуемом районе встречаются 11 стратиграфо-генетических комплексов. Было установлено, что зона обрушения–деляпсий и озерных отложений в наибольшей степени подвержена склоновым процессам. Так, коэффициент частотности для зоны обрушения–деляпсий составляет 44,07, и для озерных отложений – 39,83. Кроме того, другими стратиграфо-генетическими комплексами, которые следует рассмотреть, являются отложения Чиче и водно-

ледниковые отложения с частотными коэффициентами 7,60 и 4,41, соответственно.

Склон является одним из наиболее важных факторов, определяющих устойчивость уклона. Оползни происходят главным образом при определенных критических склонах. Мягкие склоны, по оценкам, имеют низкую частоту мелких оползней из-за незначительных сдвиговых напряжений, обычно связанных с низкими склонами. Анализ соотношения частот показал, что склонов в диапазоне $27-37^\circ > 37^\circ$ показывают высокую вероятность проявления склоновых процессов. Как и ожидалось, низкий уклон указывает на низкочастотное соотношение.

Как и склон, **экспозиция** является еще одним важным параметром в картах восприимчивости слайдов. В исследуемом районе оползни, как правило, происходили на склонах, обращенных на юг, юго-запад, северо-восток и восток. Оценка фактора на юго-западных склонах показывает высокую вероятность (1,27) проявления склоновых процессов.

Распределение растительного покрова, определяемое индексом **NDVI**, имеет весьма важное значение для исследований проявления склоновых процессов. Анализ растительного покрова показал, что склоновые процессы, как правило, случаются в районах с слабой растительностью и умеренной плотностью, с частотой соответственно 2,85 и 1,75. Как и ожидалось, районы с обильным растительным покровом не подвержены оползням.

Число склоновых процессов, происходящих по отношению к **расстоянию до дороги**, имеет обратное отношение, то есть по мере того, как расстояние увеличивается от дороги, количество склоновых процессов уменьшается, двигаясь от частоты 0,49 до расстояния 500 м до 0,20 на расстоянии >1000 м.

Присутствие вулкана Невадо-Каямбе в исследуемой территории предлагает интересную панораму для анализа склоновых процессов. Согласно нашим результатам, большинство количество склоновых процессов в территории произошло в уровне *опасности вулканов* очень низкого, и низкого с частотой соответственно 1,08 и 1,06.

Кривизна является причинным фактором, поскольку она влияет на гидрологические условия почвенного покрова. Потенциально после дождя почвенный покров на вогнутом склоне может содержать больше воды и удерживать ее в течение более длительного периода времени, чем выпуклый склон. Анализ кривизны показал, что оползни обычно происходят в вогнутых склонах с частотой 0,89.

Расстояние до рек является одним из факторов, определяющих стабильность склона. Потоки повышают уровень воды в грунте вокруг склонов. Существует обратная связь между появлением склоновых процессов и расстоянием от рек. Как правило, число склоновых процессов уменьшается с увеличением расстояния от водотоков. В настоящем исследовании количество склоновых процессов уменьшается с увеличением расстояния до течения.

Для всех факторов, в которых использовался метод АНР, был рассчитан CR (коэффициент непротиворечивости). В этом методе было установлено, что стратиграфо-генетические комплексы, склон и экспозиция являются важными параметрами исследуемой территории, в то время как расстояние до рек и кривизна имеют малое влияние.

3.3. Характеристика районов с разной степенью восприимчивости к склоновым процессам

При расчете данных по методу FR очевидно, что районы, слабо подверженные склоновым процессам, покрывают почти половину исследуемой территории площадью 339,87 км² (44 %), в то время как районы, с очень низкой, средней, высокой и очень высокой степенью восприимчивости составляют 32, 20, 4 и 0,2 % исследуемой территории, соответственно.

Данные, полученные в результате применения метода АНР, свидетельствуют о более равномерном распределении районов с аналогичными характеристиками районов с низкой и средней подверженностью (192,81 км² и 193,7 км², соответственно) и очень низкой и высокой площадью (149,22 км² и 143,37 км², соответственно), наиболее подверженные районы (очень высокий) составляют 98,7 км², что составляет 13 % территории.

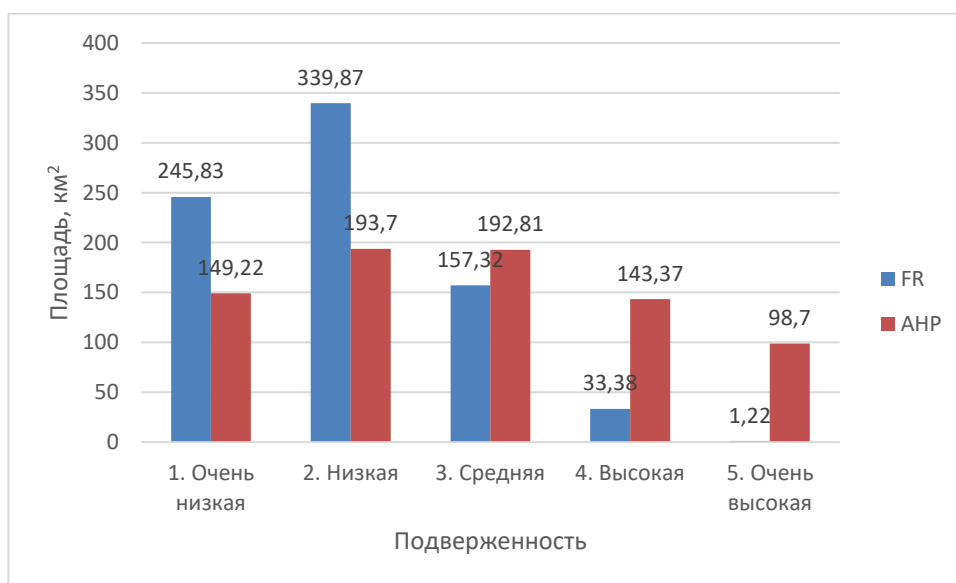


Рисунок 3.12 — Площади кантона с разной степенью подверженности, км²

Анализ данных о площади склоновых процессов с использованием метода FR свидетельствует о более высокой концентрации склоновых процессов в районах с низкой, средней и высокой степенью подверженности с площадью

0,14, 0,17 и 0,15 км², соответственно. Более низкая концентрация склоновых процессов была выявлена в районах с очень низкой и очень высокой степенью подверженности с площадью 0,02 и 0,03 км² (4 и 6 % от общей площади, соответственно).

В отличие от вышеизложенного, применение метода АНР в большей степени свидетельствует о склоновых процессах в районах средней и очень высокой подверженности, каждый из которых занимает в общей сложности 0,13 км², из чего следует, что районы высокой подверженности занимают в общей сложности 0,11 км². Низкие и очень низкие участки имеют меньшее количество процессов скольжения.

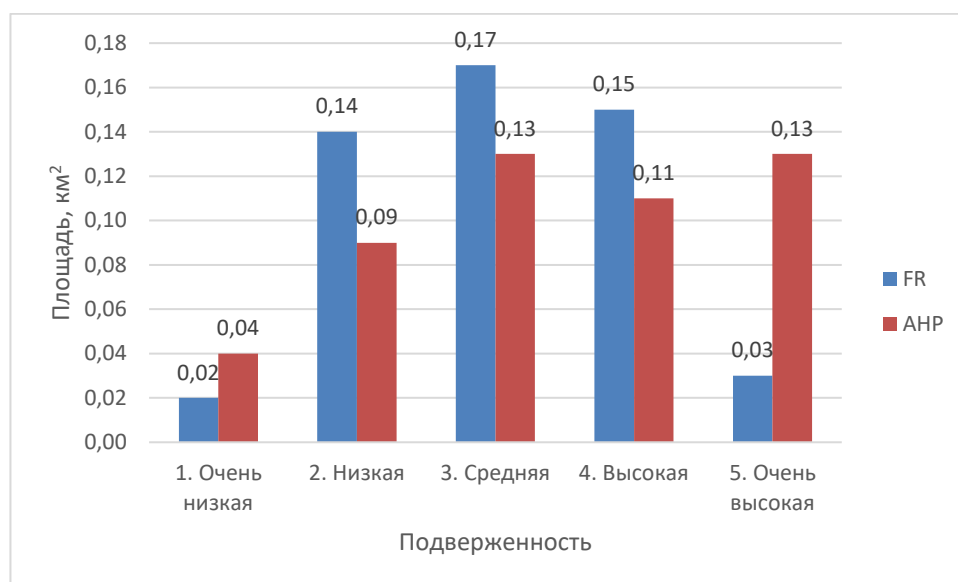


Рисунок 3.13 — Площади местопроявлений склоновых процессов по степени подверженности, км²

Анализ распределения склоновых процессов по округам

Общий анализ распределения зон склоновых процессов по округам показывает, что в городских районах кантона Каямбе (Каямбе и Хуан-Монтальво) отмечается самая низкая плотность склоновых процессов.

С другой стороны, сельские округа имеют более высокую плотность районов, где происходят склоновые процессы. Таким образом, очевидно, что в наибольшей степени пострадал округ Кангауа с 42- процентной плотностью склоновых процессов, за ним следует округ Санта-Роса-де-Кузубамба с 16 % и округ Сан-Хосе-де-Айора с 13 %. В остальных округах доля проявления склоновых процессов не превышает 9 %.

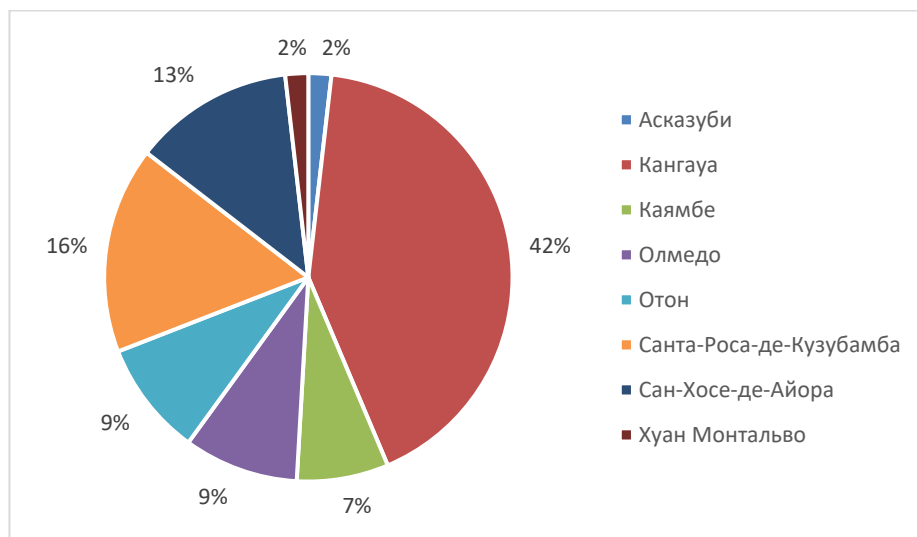


Рисунок 3.14 — Площади зон проявления склоновых процессов

Анализ крупных округов с площадью более 120 км² (Каямбе, Кангауа, Олмедо и Сан-Хосе-де-Айора) показывает, что как с применением метода FR, так и с применением метода АНР зоны низкой и средней подверженности охватывают большую площадь земли. Отмечается также, что территория округа Кангауа в основном затронута районами высокой и очень высокой подверженности. Согласно данным, полученным по методу FR, районы высокой и очень высокой подверженности в пределах округа занимают 0,33 и 19,75 км², в то время как статистика по методу АНР предполагает площадь 44,71 и 27,1 км².

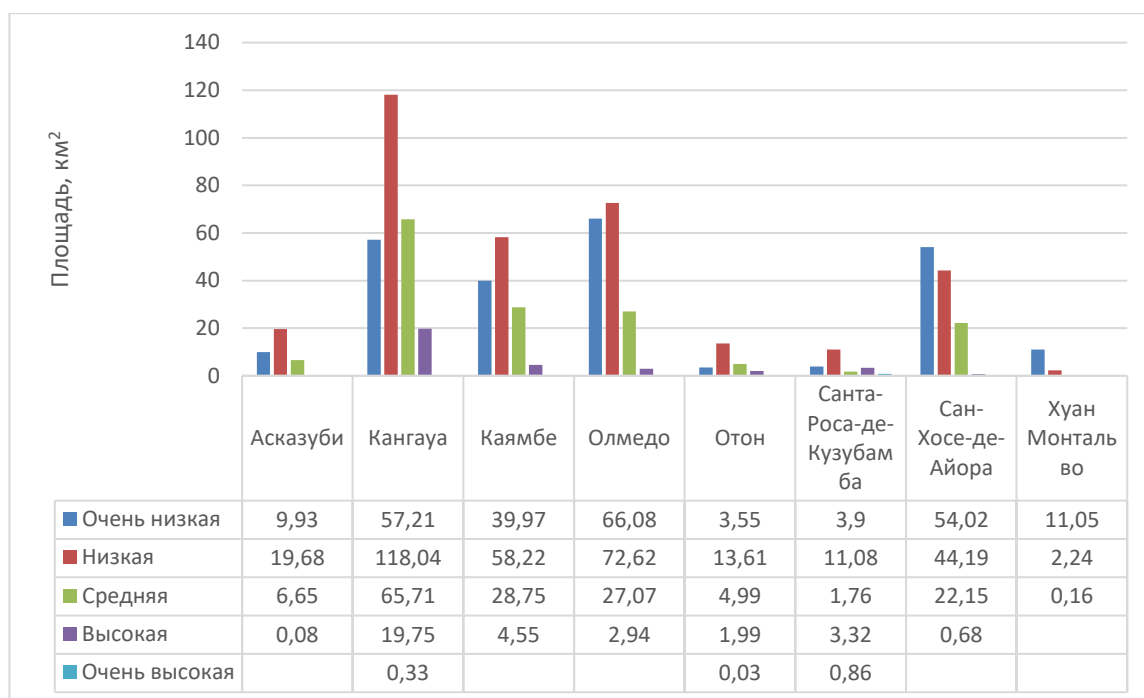


Рисунок 3.15 — Площадь зон подверженности по отношению к округам (Метод FR)

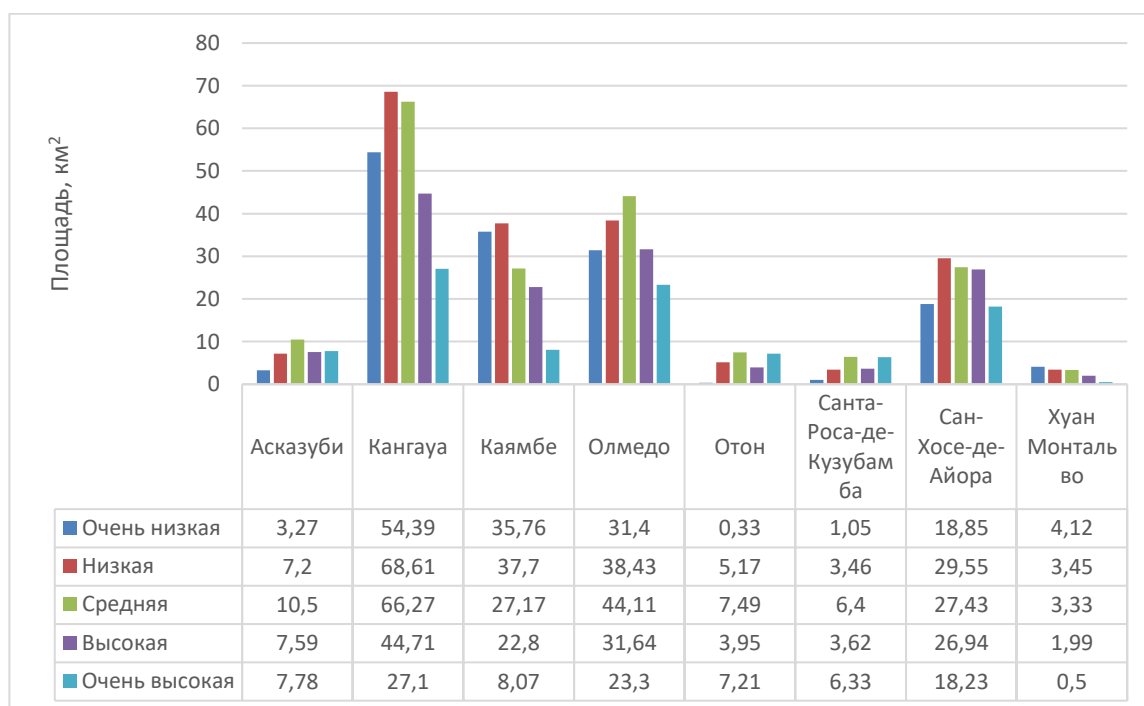


Рисунок 3.16 — Площадь зон подверженности по отношению к округам (Метод ANP)

Небольшие округа с площадью менее 120 км² (Аскадзуби, Отон, Санта-Роса-де-Кузубамба и Хуан-Монтальво) имеют более высокую частотность зон низкой подверженности согласно статистике метода FR; в то время как

применение метода АНР показывает более высокую частотность районов средней подверженности. В обоих случаях следует исключить округ Хуана Монтальво, поскольку применение обоих методов имеет более высокую частотность очень низких зон подверженности, с площадью 11,05 км² для метода FR и 4,12 км² для метода АНР.

Анализ исключительно результатов метода FR показывает, что только округа Отон и Санта-Роса-де-Кузубамба имеют очень высокие зоны подверженности, с площадью 0,03 и 0,86 км². Применение метода АНР показывает, что все округа данной категории имеют очень высокие зоны подверженности, причем наиболее затронутыми являются округа Аскадзуби и Отон, площадь которых составляет 7,78 км².

3.4. Выводы к главе 3

В рамках данного исследования была подготовлена база данных по всем факторам, вызывающим склоновые процессы (склон, кривизна, экспозиция, нормализованный индекс различий растительного покрова (NDVI), расстояние до рек, расстояние до дороги, опасность вулканов и стратиграфо-генетические комплексы) и инвентарная карта склоновых процессов в среде ГИС ArcGIS Pro. Слои данных были подготовлены в растровом формате с той же проекционной системой (WGS84 UTM Zone 17S) и размером пикселя (30x30 m) для анализа данных.

Для составления прогнозные карты подверженности склоновым процессам в кантоне Каямбе использовались методы FR, АНР.

Прогнозные карты подверженности склоновым процессам, представленные в настоящем исследовании, являются важным инструментом для директивных, плановых и инженерных органов. Может принимать

оперативные и обоснованные решения в целях сведения к минимуму и недопущения ущерба и потерь, вызываемых нынешними и будущими склоновыми процессами, или во избежание сильно подверженных склоновым процессам с помощью соответствующих превентивных мер и процедур смягчения последствий.

ГЛАВА 4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ОСВОЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕРРИТОРИИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ СКЛОНОВЫМ ПРОЦЕССАМ

4.1. Предложения по организации мониторинга

Цель создания постоянной сети мониторинга за экзогенными геологическими процессами заключается в информационном обеспечении управления природоохранной деятельностью территории кантона Каямбе, предотвращении или снижении рисков нарушений в окружающей среде, и исключении возможных ущербов здоровью населения, инфраструктуре города, а также обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности объектов нового строительства или реконструкции, включая здания и сооружения окружающей застройки.

Мониторинг осуществляется с учетом природных и техногенных факторов для прогнозирования развития опасных экзогенных геологических процессов и разработки предложений по снижению ущерба от возможной активизации [48].

Основными задачами мониторинга экзогенных геологических процессов являются:

1. Сбор информации о развитии склоновых процессов на территории кантона Каямбе
2. Изучение и прогнозирование их развития, путем своевременного выявления участков, где негативные изменения могут вызвать негативные последствия.

3. Установление и разработка рекомендаций по устранению причин негативных изменений, происходящих в геологической среде, населенных пунктах, дорогах, зданиях и сооружениях.

Необходимость организации постоянного мониторинга склоновых процессов определяется особенностями инженерно-геологических условий территории кантона Каямбе и наметившимися в последнее время негативными тенденциями развития опасных геологических процессов.

Установлено, что более чем 70 % поверхности территории кантона Каямбе используется чрезмерно, оказывающие значительное воздействие на окружающую природную, в том числе, геологическую среду.

Предложено организовать два уровня мониторинга: региональный и локальный.

Региональным мониторингом планируется охватить всю территорию кантона Каямбе. Этот вид мониторинга даст общее представление о подверженности ее территории склоновым процессам, пространственно-временных изменениях состояния неустойчивых участков, возможном ущербе, который могут нанести склоновые процессы окружающей среде, транспортным коммуникациям, зданиям и сооружениям. Площадь регионального склонового мониторинга может охватывать территорию, превышающую 100 км².

Локальный мониторинг на территории кантона Каямбе следует приурочить к участкам от 10 до 100 км², в том числе округам кантона. Локальный мониторинг также может быть приурочен к особым объектам, таким как: местам добычи общераспространенных полезных ископаемых.

Основными направлениями работ в программе мониторинга являются:

1. мониторинг склоновых процессов, включая все их видов;

2. ведение банков данных по результатам мониторинга;
3. обобщение информации и подготовка отчетных материалов;
4. анализ причин негативных изменений, происходящих в пределах территории.

Мониторинг склоновых процессов

К числу округов, наиболее подверженных развитию склоновых процессов, относятся Кангауа, Санта-Роса-де-Кузубамба и Сан-Хосе-де-Айора

Рекомендуется наблюдать за склонами вблизи транспортных коммуникаций и склонами долин малых рек и их овражно-балочной сети, которые в значительной мере поражены мелкими и поверхностными склоновыми процессами. Для выявления пространственного их распределения и, для оценки степени их активности, а также опасности для различных зданий и сооружений, целесообразно провести инженерно-геологическое обследование на таких местах.

Обследование позволит выбрать наиболее пораженные участки для последующих режимных наблюдений за склоновым процессом.

Раз в год по результатам инженерно-геологических обследований рекомендуется составление карты распространения и активности склоновых процессов, которая позволит оценить степень пораженности территории кантона этими процессами. В результате анализа и обработки собранных материалов и данных рекомендуется определять количественные показатели степени развития склоновых процессов на исследуемой территории (коэффициенты пораженности, активности развития и др.), а также разрабатывать рабочую гипотезу об условиях формирования неустойчивых склонов, причинах возникновения склоновых процессов и их типах.

По результатам мониторинга обеспечивается ведение базы данных в электронных форматах. Ведение банков данных и их централизованное хранение осуществляется в информационно-аналитическом центре Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе.

На основе данных мониторинга и привлекаемых данных будет осуществляться регулярная актуализация карты прогнозов, критических точек оползней, пунктов наблюдательной сети на территории кантона и локализации древних мест ущерба от склоновых процессов.

Обобщение информации и подготовка отчетных материалов, анализ причин негативных изменений, происходящих в геологической среде, населенных пунктах, дорогах, зданиях и сооружениях.

Ежегодно обеспечивается обобщение данных мониторинга и подготовка отчетных материалов, включающих информацию о динамике наблюдаемых процессов по каждому наблюдательному пункту и в целом по кантону. В состав отчетных материалов включаются карты, предусмотренные к обязательному ведению и регулярной актуализации.

Годовой отчет представляется в Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе. В случае выявленных аномальных изменений состояния участках мониторинга, данные наблюдений по мере обнаружения доводятся до сведения общей рабочей группы.

Для анализа данных наблюдений за динамикой склоновых процессов и установления причин негативных проявлений необходима дополнительно учетная информация об зданиях и сооружениях, находящихся вблизи данного участка мониторинга.

Любая наблюдательная сеть позволяет отслеживать лишь основные тенденции изменения контролируемых показателей. Для получения детальной текущей информации по изменениям на территории необходимо проведение моделирования геологических условий с привлечением материалов разновременного анализа.

Для задач прогнозирования используются локальные, территориальные и региональные модели динамики изменения инженерно-геологических условиях на территории кантона Каямбе, использующие в качестве входных параметров данные мониторинга о состоянии всех взаимодействующих элементов.

Детальный мониторинг, как правило, приурочен к отдельным конкретным склоновым процессам. Получаемая в процессе детального мониторинга информация используется для прогнозирования и раннего предупреждения оползней.

По результатам обобщения данных мониторинга и анализа причин негативных изменений, происходящих в геологической среде, подготавливаются рекомендации по регулированию состояния геологических процессов. Рекомендации и обеспечение мероприятий по их выполнению ежегодно рассматриваются общей рабочей группой.

Сводный перечень мероприятий по ведению мониторингу склоновых процессов в кантоне Каямбе и развитию системы мониторинга приведен в таблице 4.1.

Таблица 47.1 — Сводный перечень мероприятий по мониторингу и развитию мониторинга склоновых процессов в кантоне Каямбе

Цель/мероприятия	Ожидаемый результат	Исполнитель
Мониторинг склоновых процессов	Обеспечение регулярных данных измерений о смещениях почвы на участках, своевременное выявление повышенных градиентов скорости смещения и выявления участков с негативной динамикой, в т.ч. аномальной.	Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе
Ведение баз данных по результатам	Обеспечение учета и хранения данных в электронном виде для последующей обработки с помощью специальных алгоритмов и программ, под подготовки отчетных материалов и обеспечения средств математического моделирования входными параметрами о реальных параметрах состояния геологической среды.	Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе
Картирование данных мониторинга	Создание карт расположения и состояния пунктов наблюдательной сети, карты зоны проявления склоновых процессов, которые используется при планировании территории города.	Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе
Подготовка отчетных материалов	Ежегодный доклад о состоянии геологической среды в кантоне Каямбе.	Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе

Методы получения информации

Рекомендуется реализовать сбор и анализ аэрокосмоматериалов и материалов топографических съемок разных лет, особенно для определения характеристики изменения рельефа оползневой и обвальной зоны за предшествующий изысканиям период времени, а также результатов стационарных наблюдений за склоновыми процессами.

Рекогносцировочное обследование

Рекогносцировочное обследование и оползневую съемку следует проводить на территории всего исследуемого оползне- и обвалоопасного склона и прилегающих зон. В задачу маршрутных наблюдений входят: описание и оценка состояния поверхности склона и его характерных особенностей на отдельных оползневых, осыпных и обвальных участках; выявление визуальных проявлений склоновых процессов на поверхности склона; выявление проявлений свежей эрозионной или абразионной подсечки склонов; установление пространственных закономерностей оползневых деформаций на склоне; установление характера хозяйственного использования территории, техногенных воздействий, преобразований рельефа, почв и растительности; обследование имеющихся деформаций зданий и сооружений и оценка состояния и эффективности сооружений инженерной защиты; поиск аналогов оползней и обвалов на прилегающей территории с выявлением их причин [49].

При обследовании состояния скальных склонов следует устанавливать следующие морфологические и морфометрические характеристики: 1) высота, крутизна, форма поверхности склона; расчлененность массива пород на отдельные блоки, наличие следов прошлых вывалов в виде отдельных глыб и их скоплений; 2) характер и ориентация поверхностей отчленения обвалов; 3) наличие и типы осыпей, характер и угол наклона поверхности осыпи, состав и размеры обломочного материала; 4) положение в плане подошвы скального склона (откоса); 5) степень выветрелости пород склона, характер трещиноватости пород, среднее количество трещин на один погонный метр, ширину и глубину их раскрытия, наличие, состав и состояние заполнения трещин; 6) интенсивность обвалообразования и осыпания, объемы оползневых осыпных и обвальных тел; 7) состояние поверхности обломков; 8) наличие древесной и кустарниковой растительности [49].

При маршрутных наблюдениях следует выявлять все изменения в проявлении оползней осыпей и обвалов, происшедшие за период со времени проявления предшествующих изысканий. В процессе маршрутных наблюдений следует намечать места размещения горных выработок, пункты проведения других видов работ, в том числе геодезических исследований и стационарных наблюдений [49].

Противооползневые и противообвальные сооружения и мероприятия

Проектирование инженерной защиты территорий, зданий и сооружений предусматривает разработку комплекса мероприятий, обеспечивающих предотвращение оползневых и обвальных проявлений в зависимости от требований их функционального назначения и охраны природной среды или устранение отрицательных воздействий при невозможности или нецелесообразности предотвращения развития оползней и обвалов.

В соответствии с [50], противооползневые и противообвальные сооружения и их конструкции проектируются по методу предельных состояний. При этом расчеты производятся по двум группам предельных состояний, которые включают:

первая (полная непригодность сооружения к дальнейшей эксплуатации):

- расчеты общей прочности и устойчивости системы сооружение - грунтовый массив (откос, склон);
- расчеты прочности и устойчивости отдельных элементов сооружения, разрушение которых приводит к прекращению эксплуатации сооружения;

- расчеты перемещений сооружений и конструкций, от которых зависит прочность или устойчивость сооружения в целом, а также прочность или устойчивость объектов на защищаемой территории и др.;

вторая (непригодность к нормальной эксплуатации):

- расчет оснований, откосов, склонов и элементов конструкции, разрушение которых не приводит все сооружение в непригодное состояние, на местную прочность;
- расчеты по ограничению перемещений и деформаций сооружений, прилегающих территорий и объектов на них расположенных;
- расчеты по образованию или раскрытию трещин и строительных швов.

Искусственное изменение рельефа склона следует предусматривать для предупреждения и стабилизации процессов сдвига, скольжения, выдавливания, обвалов, осыпей и течения грунтов. На защищаемых склонах должен быть организован беспрепятственный сток поверхностных вод. Не допускается застаивание вод на бессточных участках и попадание на склон вод с присклоновой территории.

Удерживающие сооружения следует предусматривать для предотвращения оползневых и обвальных процессов при невозможности или экономической нецелесообразности изменения рельефа склона. К удерживающим сооружениям относятся: подпорные стены; свайные конструкции и столбы; анкерные и нагельные крепления; контрфорсы; опояски; облицовочные стены, пломбы, покровные сетки в сочетании с анкерными и нагельными креплениями; габионы; армированный грунт. При наличии подземных вод следует предусматривать гидроизоляцию по верховой грани подпорных стен и устройство застенного дренажа с выводом вод за пределы подпираемого грунтового массива [50,51].

Противообвальные галереи необходимо размещать на обвальных участках железных, автомобильных и пешеходных дорог для защиты от падающих обломков и глыб. На кровле противообвальных галерей необходимо устраивать амортизирующую грунтовую отсыпку, снижающую динамическое воздействие обвалов, предотвращающую повреждение конструкций и обеспечивающую скатывание обломков через галерею [50,51].

4.2. Рекомендации по рациональному освоению и использованию территории

Инженерно-геологическая обстановка на территории кантона Каямбе, множественность и разнообразие воздействий городского хозяйства на состояние геологической среды, динамика состояния геологической среды под воздействие непрерывного преобразования городского хозяйства обуславливают необходимость консолидации усилий городских структур. На территории кантона необходимо внедрить модель управления городскими и сельскими землями, которая позволит повысить безопасность граждан, транспортной коммуникаций и зданий и сооружений особенно в районах с высокой проявление и развитие склоновых процессов и общинах на всей кантональной территории.

При инженерно-геологических изысканиях в районах развития склоновых процессов следует устанавливать [52]:

- площадь и глубину захвата склонов оползневыми, обвально-осыпными, солифлюкционными и курумными процессами, степень их активности и опасности для проектируемого строительства;
- инженерно-геологическое районирование территории по опасности возникновения склоновых процессов и по особенностям их развития; количественную характеристику факторов, определяющих устойчивость склонов;

- характеристику физико-механических свойств грунтов с уточнением их значений обратными и контрольными расчетами устойчивости склонов и откосов; оценку устойчивости склонов в ненарушенных природных условиях, а также с учетом прогнозируемых изменений в связи с хозяйственным освоением территории, с указанием типа возможных склоновых процессов, их местоположения и размеров, с оценкой устойчивости временных строительных выемок и откосов;
- оценку косвенных последствий, вызываемых оползневыми и обвальными подвижками (затоплением долин при образовании оползневых и обвальных запруд, возникновением высокой волны при быстром смещении земляных масс в акваторию);
- оценку эффективности существующих сооружений инженерной защиты; рекомендации для принятия проектных решений по инженерной защите территории от склоновых процессов, в том числе по временным защитным мероприятиям в период строительства объектов.

Районирование и оценку устойчивости оползневых и обвальных склонов необходимо выполнять для всего протяжения склона и прилегающей к верхней бровке зоны (для береговых склонов с обязательным захватом их подводных частей), в том числе и в случаях, когда территория проектируемого объекта занимает часть склона [52].

Также следует учитывать, что при составлении прогноза развития и активизация склоновых процессов, как правило, нельзя ограничиваться только участком, в пределах которого намечено строительство объекта. Для установления закономерностей развития процесса в большинстве случаев необходимо проведение исследований на прилегающей территории, границы которой устанавливаются в программе изыскания с учетом конкретных инженерно-геологических условий и характера проектируемого строительства.

ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Методика определения склоновых процессов часто принимается в области строительства, поскольку определение районов, подверженных оползням, играет важную роль в выборе участков для строительства, а также в определении конкретных характеристик фундаментов.

Потенциальные пользователи разрабатываемого решения, в частности, инженер-геолог, административные работники в области строительства, землепользования, управления рисками. Данная работа была выполнена для территории кантона Каямбе, расположенной в Республике Эквадор.

Актуальность социальной направленности заключается в важности обеспечения соблюдения трудового законодательства, а также охраны окружающей среды путем выявления возможных источников загрязнения различных компонентов нашей планеты. С другой стороны, важно подчеркнуть важность знания возможных чрезвычайных ситуаций, с которыми трудящиеся могут столкнуться в ходе осуществления деятельности.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Правовые нормы и трудового законодательства

Важнейшим источником трудового права является Трудовой кодекс РФ, содержащим основные положения отношений между работодателем и работником. ТК РФ охватывает все уровни взаимодействия работника и работодателя. В нем четко прописаны права и обязанности участников

трудового взаимодействия, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и т.п.

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели. Самый распространен режим работа в офисе является пятидневной с двумя выходными днями, время начала – 9.00 и окончания работы – 17.00, время перерывов в работе – один час с 13.00 до 14.00.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Возможно, сокращение рабочего времени. Для работников, возраст до 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Продолжительность рабочего дня или смены, непосредственно предшествующих нерабочему праздничному дню, уменьшается на один час [53].

Персональные данные относятся к категории конфиденциальной информации, которые следует получать у него самого, иначе, работник должен быть уведомлен об этом заранее и от него должно быть получено письменное согласие. Защита персональных данных работника является неотъемлемой составляющей права на уважение частной жизни человека, которое может быть ограничено только в предусмотренных пределах и при определенных условиях [53].

Ответственность за распространение личной информации работника несут: отдел кадров, руководитель и лица, которые занимаются обработкой таких данных, в соответствии со своими должностными инструкциями. Согласно ст. 192 ТК РФ Лица, виновные в нарушении норм, регулирующих получение, обработку и защиту персональных данных работника, привлекаются к дисциплинарной и материальной ответственности [53].

Заработная плата каждого работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и

максимальным размером не ограничивается, за исключением случаев, предусмотренных. Согласно ст. 132 ТК РФ, выплата заработной платы производится в денежной форме в рублях. Доля заработной платы, выплачиваемой в неденежной форме, не может превышать 20 % от начисленной месячной заработной платы [53].

В согласии со ст. 160 ТК РФ, нормы труда представляют собой нормам выработки, временам, нормативам численности и другим нормам, устанавливающимся в соответствии с достигнутым уровнем техники, технологии, организации производства и труда, которые могут быть пересмотрены по мере совершенствования или внедрения новой техники и технологии.

Работодатель обязан обеспечить нормальные условия для выполнения работниками норм выработки. К таким условиям, в частности, относятся: исправное состояние помещений, сооружений, машин, технологической оснастки и оборудования; своевременное обеспечение технической и иной необходимой для работы документацией; надлежащее качество материалов, инструментов, иных средств и предметов, необходимых для выполнения работы, их своевременное предоставление работнику; условия труда, соответствующие требованиям охраны труда и безопасности производства.

При предоставлении гарантий и компенсаций соответствующие выплаты производятся за счет средств работодателя. Согласно ст. 165 ТК РФ, работникам предоставляются гарантии и компенсации в следующих случаях: при направлении в служебные командировки; при переезде на работу в другую местность; при исполнении государственных или общественных обязанностей; при совмещении работы с получением образования; при вынужденном прекращении работы не по вине работника; при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска; в некоторых случаях прекращения трудового договора;

в связи с задержкой по вине работодателя выдачи трудовой книжки или предоставления сведений о трудовой деятельности при увольнении работника.

5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Выполнение трудовых операций должны быть обеспечены в пределах зоны легкой досягаемости [54,55].

Оптимальная поза человека, правильное расположение и компоновка рабочего места, свободы трудовых движений, использование оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения профессиональных заболеваний.

Основное требование к рабочей позе – прямая осанка. При организации рабочего места следует отметить, что рабочий стол может быть любой конструкции, соответствующим современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование. Кресло должно обеспечивать работнику соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу [55,56].

Таблица 5.8– Требования к организации рабочего места [55,57]

Элемент	Требуемое значение
Высота рабочей поверхности стола	Регулируемая высота – 680-800мм Нерегулируемая высота – 725мм
Рабочий стул	Подъемно – поворотный; регулируемый по высоте и углу наклона спинки.
Расположение монитора от глаз пользователя	600-700мм

5.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

Условия труда, связанные с применением методологий определения склонов, требуют работы в офисе и использования персонального компьютера (ПЭВМ). Данные условия труда могут спровоцировать появление вредных и опасных факторов производства.

При выполнении работ на ПЭВМ согласно «ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Возможные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Температура и относительная влажность воздуха	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [58]
2. Скорость движения (подвижность) воздуха относительно тела, работающего	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [58]
3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1) [59]
4. Умственное перенапряжение		+	+	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ [53]
5. Электрический ток		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1) [60]

6.Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1)[59]
7.Повышенным уровнем общей вибрации		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы [61]

Температура воздуха, относительная влажность воздуха и скорость движения воздуха

Длительное воздействие на человека неблагоприятных показателей микроклимата ухудшает самочувствие работника, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям, поэтому в организации должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата [58].

Условия микроклимата делятся на оптимальные и допустимые. Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Допустимые величины не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности [58].

Таблица 5.2 — Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Оптимальные значения характеристик микроклимата			
Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 - 24	40 - 60	0,1
Теплый	23 - 25	40 - 60	0,1
Допустимые значения характеристик микроклимата			
Холодный	20 - 25	15 - 75	0,1
Теплый	21 - 28	15 - 75	0,1 - 0,2

Недостаточная освещенность

Недостаточное освещение негативно воздействует на зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы.

Минимальная освещенность на рабочих местах не должна отличаться от нормируемой средней освещенности в помещении более чем на 10 % согласно СанПиН 2.2.4.3359.

Таблица 5.3 — Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности, и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение					Естественное освещение	
		Освещенность рабочих поверхностей, лк		Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	Индекс цветопередачи источников в света Ra	КОЕ * e _н , %	
		При комбинированном освещении	При общем освещении				При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Кабинеты и рабочие	Г-0,8	400/200	300	21	15	80	3,0	1,0

комнаты, офисы, представитель- ства								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

*КОЕ - коэффициента естественной освещенности.

Средства защиты: постоянное необходимое обеспечение местного освещения: со стационарными светильниками, устройствами для подключения переносных светильников и ламп-прожекторов.

Умственное перенапряжение

Умственное перенапряжение – часть нервно-психические перегрузки. Нервно-психические перегрузки – совокупность таких сдвигов в психофизиологическом состоянии организма человека, развивающиеся после совершения работы и приводят к временному снижению эффективности труда.

При первых симптомах психического перенапряжения необходимо дать нервной системе расслабиться, рационально чередовать периоды отдыха и работы, начать заниматься спортом, ложиться спать в одно и то же время, а в тяжелых случаях обратиться к врачу.

Электрический ток

Поражение человеческого организма электрическим током может быть разнообразным. Разряд, проходящий через ткани, оказывает на него тепловое, электролитическое, биологическое и динамическое действие.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело работника при неаварийном режиме электроустановки, не должны превышать следующие значений:

- При 50 Гц переменного тока – 2,0 В и 0,3 мА, соответственно.
- При 400 Гц переменного тока – 3,0 В и 0,4 мА

- При постоянном токе – 8,0 В и 1,0 мА.

Защиту при нормальных условиях (защиту от прямого прикосновения) обеспечивают посредством основной защиты, как: безопасное расположение токоведущих частей, размещение их вне зоны досягаемости частями тела, конечностями; предупредительная световая, звуковая сигнализации, блокировки безопасности, знаки безопасности; основная изоляция; и другие технические мероприятия по ГОСТ 12.1.019-79.

Повышенным уровнем общей вибрации

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации — это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. Нарушения здоровья работающего, обусловленные локальной или общей вибрацией, складываются из поражения нейрососудистой, нервно-мышечной систем, опорно-двигательного аппарата, изменений обмена веществ и др.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 3 СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

Основными методами и средствами защиты от вибрации являются рациональная организация режима труда и отдыха, взаимомассаж и самомассаж рук и плечевого пояса, производственная гимнастика, витамин профилактика, и т.п.

Расчёт искусственного освещения

Дано помещение с размерами: длина $A = 28$ м, ширина $B = 18$ м, высота $H = 4,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}} = 0,8$ м. Требуется создать освещенность $E = 300$ лк.

Коэффициент отражения стен $\rho_c = 30 \%$, потолка $\rho_n = 50 \%$. Коэффициент запаса $k = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$. Светильники типа ОД, $\lambda = 1,4$. $h_c = 0,7$ м.

Определение расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{\text{рп}} = 4,5 - 0,7 - 0,8 = 3,0 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$L = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ м}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$\frac{L}{3} = 1,4 \text{ м}$$

Определение количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left(B - \frac{2}{3}L\right)}{L} + 1 = \frac{\left(18 - \frac{2}{3} \cdot 4,2\right)}{4,2} + 1 \approx 3$$

$$n_{\text{св}} = \frac{\left(A - \frac{2}{3}L\right)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{\left(28 - \frac{2}{3} \cdot 4,2\right)}{1,23 + 0,5} \approx 15$$

Светильники необходимо размещать в 3 ряда. В каждом ряду можно установить 15 светильников типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображение в масштабе план помещения и размещения на нем светильников отображается на

рисунке 5.1. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 90$.

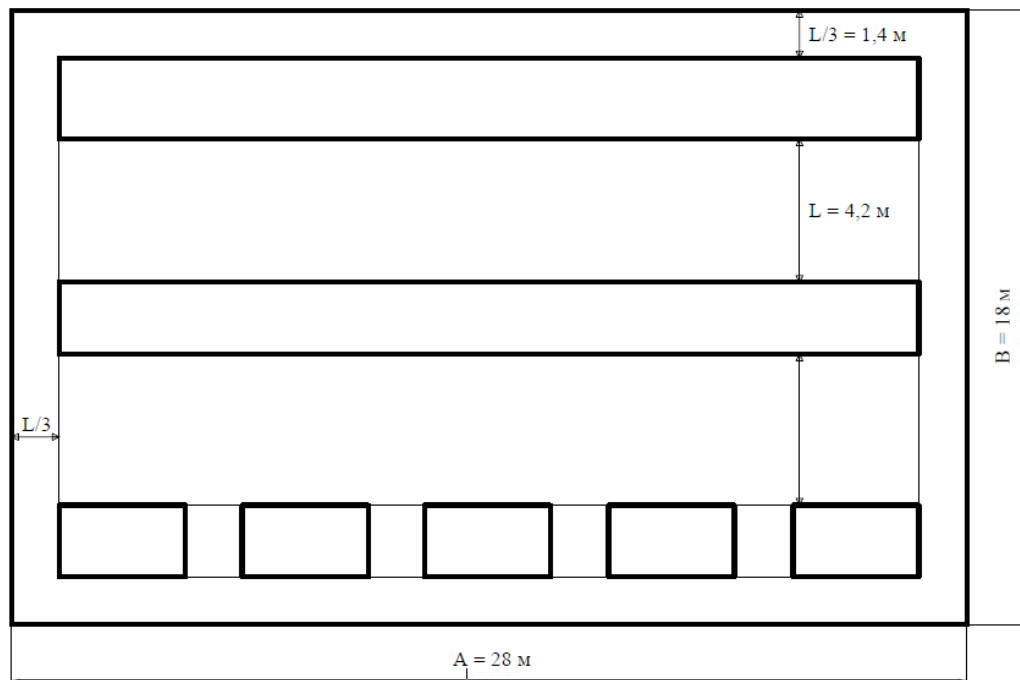


Рисунок 5.4 — План помещения и размещения светильников с люминесцентными

Находим индекс помещения

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{504}{3,0(28 + 18)} = 3,7$$

Коэффициент использования светового потока – 0,64

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 504 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{90 \cdot 0,64} = 5192$$

Ближайшая стандартная лампа – ЛТБ 80 Вт с потоком 5200 лм.

Проверка выполнения условия:

$$-10 \% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100 \% \leq +20 \%$$

Результат: $-10 \% \leq 0,15 \% \leq +20 \%$

Определение электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 90 \cdot 40 = 3600 \text{ Вт}$$

5.3. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Защита атмосферы

Источниками загрязнения воздуха на рабочих местах являются чернила, растворители и другие опасные вещества, выделяющие газы. Эти вещества используются главным образом при печатании карт и других документов.

Газы, образующиеся в результате воздействия этих веществ, находятся в низких концентрациях, однако должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны воздуха [62,63].

Защита гидросферы

Основное воздействие работы происходит от потребления воды и удаления отходов через канализационную систему, в том числе, хозяйственно-бытовые сточные воды. Должны соблюдаться требования нормативных актов в соответствии с [64].

Для защиты поверхностных вод от загрязнения предусматриваются следующие защитные мероприятия: создание замкнутого цикла использования производственных и бытовых сточных вод, когда сточные воды все время находятся в обороте, и попадание их в поверхностные водоемы исключено и очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей.

Защита литосферы

Многие виды отходов представляют повышенную опасность для окружающей среды, городского и сельского населения из-за высокой токсичности. Даже их складирование или захоронение без соблюдения соответствующих предупредительных мер безопасности может привести к серьезным последствиям для природы и людей, экологическому ущербу.

В ходе деятельности работы также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

Наиболее рациональным способом защиты литосферы от отходов производства и быта является освоение специальных технологий по сбору и переработке отходов.

4 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований, и ЧС, которые могут произойти на рабочем месте

К возможным чрезвычайным ситуациям на данном рабочем месте выделяют отключение электроэнергии, пожар, землетрясения, наводнения.

Землетрясения являются наиболее типичным ЧС. Землетрясения относятся к природным чрезвычайным ситуациям. ЧС природного характера возникают при естественных природных явлениях, происходящих в окружающей среде, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При землетрясениях лопаются и вылетают стекла, с полок падают лежащие на них предметы, шатаются книжные шкафы, качаются люстры, с потолка осыпается побелка, а в стенах и потолках появляются трещины. После 10-20 секунд тряски подземные толчки усиливаются, в результате чего

происходят разрушения зданий и сооружений. Всего десяток сильных сотрясений разрушает все здание. В среднем землетрясение длится 5-20с. Чем дольше длятся сотрясения, тем тяжелее повреждения.

Если землетрясение застанет рабочих на помещении, важно, чтобы они попытались выбраться как можно скорее и оказаться на улице, предпочтительно подальше от зданий. В случае землетрясения (почувствовав вибрацию здания, увидев балансировку ламп, падение объектов) выдерживают от 15 до 20 секунд, чтобы покинуть здание. Выход должен быть быстрым, взяв документы, деньги и предметы первой необходимости.

В случае нахождения в помещении работники должны находиться в безопасном месте (на внутренней стене, в углу, в отверстии внутренней стенки или в несущем держателе). Если возможно, спрячьтесь под столом - он защитит сотрудники от падающих предметов и обломков. Держитесь подальше от тяжелых окон и мебели.

Выводы по разделу «Социальная ответственность»

Анализируя итоги этой главы, важно подчеркнуть, что социальная ответственность является решением широкого круга вопросов социальной важности, начиная от переподготовки персонала и кончая экологической безопасностью.

Социальная ответственность должна стать неотъемлемой частью миссии и стратегии учреждений. Социально ответственное поведение организации полезно для ее дальнейшего развития.

Социально ответственная организационная культура может быть чрезвычайно полезной, поскольку она создает более привлекательный образ организации для общества; повышает доверие к организации; увеличивает число клиентов; повышает возможность получения лучших заказов; среди прочих.

ГЛАВА 6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Ни один вид строительства не производится без изучения условий территории, на которой он планируется. Комплекс работ по изучению объекта строительства. Комплекс работ по изучению объекта строительства на предмет природных и техногенных качеств с составлением заключения о прогнозируемом взаимодействии окружающих факторов с объектом называется – инженерные изыскания.

Одним из основных видов инженерных изыскания являются инженерно-геологические изыскания.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;

- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Исследования проводились в кантоне Каямбе, Республика Эквадор. Исследование проводилось с целью оценка особенности инженерно-геологических условий территории и определить их влияние на устойчивость при строительстве и эксплуатации сооружения. В качестве объекта исследования были выбраны склоновые процессы и факторы их развитие.

6.1. Предпроектный анализ

6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды кантона Каямбе;
- Юридические лиц, ведущие свою деятельность в сфере инженерных изысканий, в частности мониторинга экзогенных геологических процессов;
- Научно-исследовательские организации, университеты.
- Граждане.

6.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируются факторы, влияющие на развитие склоновых процессов в кантоне Каямбе, впоследствии создание карта типизация.

В таблице 6.1 приведена оценка конкурентов, где Φ – разрабатываемый проект, k_1 – исследование, проведенное инженером-геологом в научно-исследовательском институте, k_2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается инженерных изысканий для строительства.

Таблица 6.1 — Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{Φ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{Φ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,13	5	4	5	0,65	0,52	0,65
2. Точность	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
3. Скорость	0,13	5	3	4	0,65	0,39	0,52
4. Удобство в эксплуатации	0,18	4	5	5	0,72	0,9	0,9
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,14	5	4	4	0,7	0,56	0,56
2. Цена	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
3. Срок выполнения работ	0,13	4	5	3	0,52	0,65	0,39
Итого	1	33	28	29	4,69	4,04	4,18

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что организация, предлагающая инженерные изыскания и мониторинг превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, производительностью, точностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

6.1.3. SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта (таблица 6.2). Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 6.2 — Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность С2. Возможность прогноза и рекомендаций для территории исследования, без дальнейших полевых работ С3. Экологичность проведенных исследований	Слабые стороны Сл1. Удаленность территории объекта исследования Сл2. Надежность и достоверность результатов может быть сперва под сомнением Сл3. Погрешность методов анализа
Возможности В1. Новые рабочие места В2. Появление дополнительного спроса на исследования В3. Прогноз и рекомендации по дальнейшему мониторингу и использованию территории	Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Введение дополнительных государственных требований мониторингу У3. Завышенные затраты

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 6.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 6.3 — Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		С1.	С2.	С3.
	В1.	0	-	0
	В2.	+	+	+
	В3.	+	+	+

	Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	В1.	+	0	0
	В2.	-	+	+
	В3.	+	-	-

	Сильные стороны проекта			
Угрозы		С1.	С2.	С3.
	У1.	0	0	0
	У2.	-	-	0
	У3.	0	0	+

	Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	0	0	-
	У2.	+	-	-
	У3.	-	-	0

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 6.4).

Таблица 6.4 — SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность С2. Возможность прогноза и рекомендаций для территории исследования, без дальнейших полевых работ С3. Экологичность проведенных исследований	Сл1. Удаленность территории объекта исследования Сл2. Надежность и достоверность результатов может быть сперва под сомнением Сл3. Погрешность методов анализа
Возможности В1. Новые рабочие места В2. Появление дополнительного спроса на исследования В3. Прогноз и рекомендации по дальнейшему мониторингу и использованию территории	Быстрое продвижение исследования и прогноза в связи с преимуществами данного исследования; Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности исследования. В2С1С2С3 В3С1С2С3	Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль. В1Сл1 В2Сл2Сл3 В3Сл1
Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Введение дополнительных государственных требований к мониторингу У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе	Создание мер контроля в рамках конкурентного проекта. У3С2	В связи с введением дополнительных требований может потребоваться больше времени для подготовки и получения результатов У2Сл2

6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии выполнения проекта не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности и уровня собственных знаний для осуществления проекта. к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Показатели о степени

проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 — Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
ИТОГО БАЛЛОВ		57	52

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Итоговое значение $B_{\text{сум}}$, позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Таким образом, в ходе суммирования баллов выяснено, что значение $B_{\text{сум}}$ попадает в диапазоне от 45 до 59, это говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок. Для повышения этого фактора следует привлечь недостающих специалистов и быть готовым к новым возможностям, которые на данный момент ограничены.

6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

6.2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 6.6).

Таблица 6.6 — Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Кантона Каямбе	Получение инженерно-геологического исследования в рамках изучения склоновых процессов в кантоне Каямбе.

В таблице 6.7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 6.7 — Цели и результат проекта

Цели проекта:	Оценка особенности инженерно-геологических условий территории и определить их влияние на устойчивость при строительстве и эксплуатации сооружения.
Ожидаемые результаты проекта:	Определение границы распространения склоновых процессов, их факторы проявления, их опасности для хозяйственной деятельности и составление карты типизации.
Критерии приемки результата проекта:	Выполнение работ в полном объеме, выявление площади распространения склоновых процессов и определение факторы развития склоновых процессов.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Провести обработку полученных данных.
	Выявить факторы, влияющие на устойчивость при строительстве и эксплуатации сооружения.

Необходимо определить организационную структуру проекта с целью определения состава рабочей группы, ролей и функций каждого из участников. В таблице 6.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 6.8 — Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Строкова Л.А., ТПУ, ИШПР, доктор Г.-м.н.	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Флорес Г.Й.Г., магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, определение факторов, анализ факторов, создание карта, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 6.9).

Таблица 6.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1031617,9
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2019-31.05.2021
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2019
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2021

6.3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;

- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

6.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 — Иерархическая структура работ






6.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 6.10, 6.11).

Таблица 6.10 — Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.19	07.09.19	Флорес Г.Й.Г., Строкова Л.А.
Согласование плана работ	7	08.09.19	15.09.19	Флорес Г.Й.Г., Строкова Л.А.
Литературный обзор	138	16.09.19	31.01.20	Флорес Г.Й.Г.,
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292	01.02.20	20.12.20	Флорес Г.Й.Г., Строкова Л.А.
Написание отчета	162	21.12.20	31.05.21	Флорес Г.Й.Г.
Итого:	606			

Таблица 6.11 — Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2019				2020												2021					
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	7																						
Согласование плана работ	7																						
Литературный обзор	138																						
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292																						
Написание отчета	162																						



— Флорес Г.Й.Г.



— Флорес Г.Й.Г., Строкова Л.А.

6.4. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. К материальным затратам относятся: приобретаемое сырье и материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальные программы для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
5. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 6.12).

Таблица 6.12 — Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40	80
Ручка шариковая	3	31	93
Ластик	2	20	40
Карандаш простой	4	30	
Краска для принтера	1	600	600
Бумага для принтера, формат А4, пачка	3	350	1050
Электроэнергия, кВт*ч	130	3,5	455
Всего за материалы			2318
Транспортно-заготовительные расходы (5 %)			1159
Итого по статье			3477

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 6.13).

Таблица 6.13 — Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (НР)	1	50000,0	50000,0
2	Программное обеспечение Microsoft Office	1	5990,0	5990,0
3	Программное обеспечение ArcGIS Pro	1	20 000	20 000
Итого, руб.:				55990

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 6.14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ — основная заработная плата;

$Z_{доп}$ — дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ — основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}$$

где: $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 6.14.

Таблица 6.14 — Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b * K_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 6.15.

Таблица 6.15 — Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	28777	1	0,02	1,3	38158,3	1871,9	212	396846,3
Магистрант	1923	-	-	1,3	2500	132	212	27998

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \text{ где}$$

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 6.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 6.16 — Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	396846,3	27998
Дополнительная зарплата	39684,6	2799,8
Итого по статье С _{зп}	436530,9	30797,8

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ — коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году, водится пониженная ставка – 27,1 %. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:
 $C_{\text{внеб}} = 0,3 * (396846,3 + 39684,6) = 130959,3$ рублей

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (436530,9 + 30797,8) = 373862,9$$

где $K_{\text{накл}}$ — коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 1031617,9, которые приведены в таблице 6.17.

Таблица 6.17 — Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям							
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	3477	55990	424844,3	42484,4	130959,3	-	373862,9	<u>1031617,9</u>
Аналог	4000	300000	999919,2	99991,6	429653,2	-	789928,6	2623492,6

6.4.1. Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 6.2.

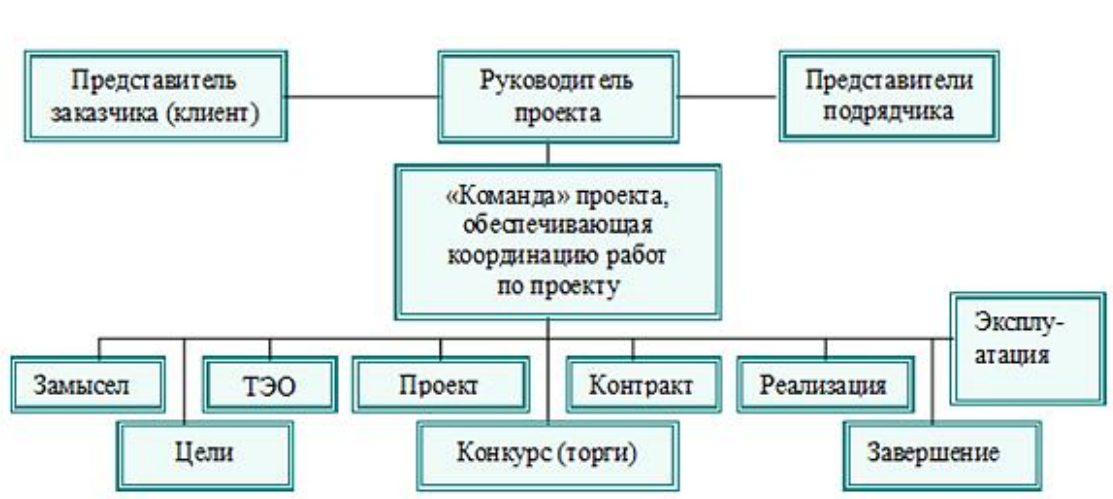


Рисунок 6.2 — Проектная структура проекта

6.4.2. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 6.18).

Таблица 6.18 — План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

6.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 6.19.

Таблица 6.19 — Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1.	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2.	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3.	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

6.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

6.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);

- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 6.20. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, норма амортизации - 10 %.

Таблица 6.20 — Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, руб.	0	1237941,48	1237941,48	1237941,48	1237941,48
2.	Итого приток, руб.	0	1237941,48	1237941,48	1237941,48	1237941,48
3.	Инвестиционные издержки, руб.	-1031617,9	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, руб.	0	361066,26	361066,26	361066,26	361066,26
5.	Налогооблагаемая прибыль	0	876875,21	876875,21	876875,21	876875,21
6.	Налоги 20 %, руб.	0	175375,04	175375,04	175375,04	175375,04
7.	Итого отток, руб.	-1031617,9	536441,30	536441,30	536441,30	536441,30
8.	Чистая прибыль, руб.	0	701500,17	701500,17	701500,17	701500,17
9.	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-1031617,9	804661,97	804661,97	804661,97	804661,97
10.	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	<u>0,83</u>	<u>0,69</u>	<u>0,58</u>	<u>0,48</u>
11.	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	-1031617,9	670551,6	558793,0	465660,9	388050,7
12.	\sum ЧДД	2083056				
13.	Итого NPV, руб.	1051438				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 736216 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2083056}{1031617,9} = 2,02$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 6.21 и на рисунке 6.3.

Таблица 6.21 — Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1.	Чистые денежные потоки, руб.	-1031618	670551,6	558793	465660,9	388050,7	
2.	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3.	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-1031618	609531,44	461563,05	349711,31	265038,64	654226,44
	0,2	-1031618	558569,52	387802,37	269151,98	187040,45	370946,31
	0,3	-1031618	515654,21	330805,48	211875,69	135817,75	162535,14
	0,4	-1031618	478773,87	284984,45	169500,55	100893,19	2534,0631
	0,5	-1031618	447257,95	248104,11	137369,95	76834,04	-122051,9
	0,6	-1031618	419094,78	217929,28	113621,25	59371,76	-221600,9
	0,7	-1031618	394284,37	187195,67	94529,155	43461,68	-312147,1
	0,8	-1031618	372826,71	172667,05	79628,01	36864,81	-369631,4
	0,9	-1031618	352710,16	154785,67	67986,48	29879,90	-426255,8
	1	-1031618	335275,82	139698,26	58207,61	24059,14	-474377,2

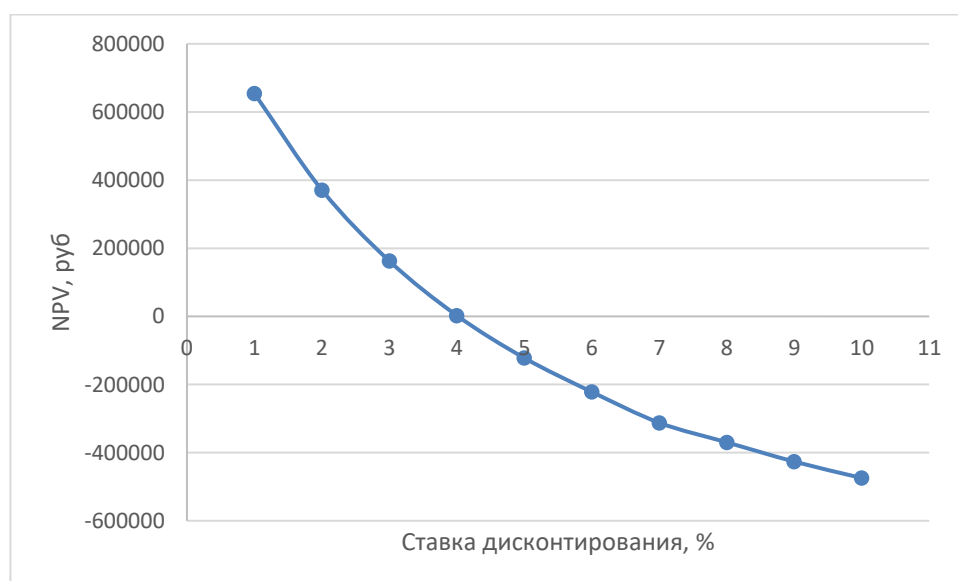


Рисунок 6.3 — Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,45.

Запас экономической прочности проекта: $45\% - 20\% = 25\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 6.22).

Таблица 6.22 — Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-1031618	558793	388050,7	269479,7	187138,7
2.	То же нарастающим итогом, руб.	-1031618	-472824,96	-84774,24	184705,42	371844,08
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 2 + (84774,24 / 269479,7) = 2,31$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 6.23).

Таблица 6.23 — Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о факторах, влияющих на развитие склоновых процессов	Получение данных о факторах, влияющих на развитие склоновых процессов
Нехватка типизация склоновых процессов и их влияние на строительство и эксплуатация сооружений	Создание карты типизации склоновых процессов

6.5.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ — интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} — стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} — максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное

удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 6.24).

Таблица 6.24 — Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,18	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,16	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,14	5	3	4
5. Простота эксплуатации	0,17	5	4	4
6. Возможность автоматизации данных	0,2	5	4	5
Итого	1	29	22	23

$$I_m^p = 5 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,17 + 5 \cdot 0,20 = 4,85$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,17 + 4 \cdot 0,20 = 3,7$$

$$I_2^A = 3 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,17 + 5 \cdot 0,20 = 3,86$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{\text{финр}}^p$ и аналога $I_{\text{финр}}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}; \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 6.25.

Таблица 6.25 — Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1.	Интегральный финансовый показатель разработки	0,20	0,18	0,17
2.	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,7	3,86
3.	Интегральный показатель эффективности	24,25	20,55	22,71
4.	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,85	0,93

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее

эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (**NPV**), равная 1051438 руб.; индекс доходности $PI=2,02$, внутренняя ставка доходности **IRR**=45 %, срок окупаемости **РР_{дск}**=2,31 года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы на данной исследовании были оценены особенности инженерно-геологических условий территории и определены их явление на устойчивость при строительстве и эксплуатации сооружения.

Также были определены границы распространения склоновых процессов, их опасности для хозяйственной деятельности. Составились прогнозные карты проявления склоновых процессов и разработаны рекомендации по мониторингу.

Общий анализ распределения зон склоновых процессов по округам показывает, что в городских районах кантона Каямбе (Каямбе и Хуан-Монтальво) отмечается самая низкая плотность склоновых процессов.

Выяснилось, что геологическая структура, склон и экспозиция являются важными факторами оползней на исследуемой территории, в то время как расстояние до рек и кривизна имеют малое влияние.

Было установлено, в наибольшей степени от склоновых процессов пострадали сельские округа. В их пределах округ Кангауа является наиболее пострадавшим округом, на который приходится 42 % склоновых процессов. Менее пострадавшими являются округа Санта-Роса-де-Кузубамба и Сан-Хосе-де-Айора.

Рекомендуется осуществлять мониторинг не только в наиболее пострадавших округах, но и на всей территории кантона Каямбе. Несмотря на тот факт, что в городских районах отмечается низкая концентрация склоновых процессов и они в меньшей степени затронуты ими, необходимо осуществлять планы контроля и смягчения последствий в целях обеспечения социального благосостояния и сокращения потерь инженерных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ortega A. Análisis de riesgos naturales en la subcuenca del río Blanco, desde su origen hasta la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha. Universidad San Francisco de Quito, 2012. 115 p.
2. Sanchez L., Castro M. Pérdidas por desastres de impacto extremo, grande y menor en Ecuador, 1970 – 2007 // Creación, actualización y/o homogeneización de inventarios de desastres por eventos históricos y cotidianos a nivel de la Subregión Andina / ed. Corporación OSSO. Cali: Comunidad Andina, 2008. P. 47.
3. Tibaldi A., Ferrari L., Pasquare G. Landslides triggered by earthquakes and their relations with faults and mountain slope geometry: an example from Ecuador // Geomorphology. 1995. Vol. 11. P. 215–226.
4. IG-EPN. Cayambe [Electronic resource] // Hoy se recuerda el terremoto del Reventador de 1987. 2013. URL: <https://www.igepn.edu.ec/cayambe/762-hoy-se-recuerda-el-terremoto-del-reventador-de-1987>.
5. Schuster R., Highland L. Socioeconomic and Environmental Impacts of Landslides in the Western Hemisphere. Denver, Colorado, 2001. 6 p.
6. Buitrón S. Metodología y modelo para movimientos en masa (Deslizamientos, Derrumbes, Caída, Flujo y Reptación) utilizando técnicas de SIG y Teledetección. Universidad San Francisco de Quito, 2014. 64 p.
7. Guerra M. Cayambe: entre la agroempresa y la agrobiodiversidad. Quito-Ecuador: FLACSO, Sede Ecuador, 2012. 163 p.
8. Rodríguez C., Bommer J., Chandler R. Earthquake-induced landslides: 1980–1997 // Soil Dyn. Earthq. Eng. 1999. Vol. 18. P. 325–346.
9. Позаченюк Е. А. Петлюкова Е. А. Гис-анализ морфометрических показателей рельефа центрального предгорья главной гряды крымских гор

для целей ландшафтного планирования. 2016. 68 p.

10. Toulkeridis T. Amenazas de origen natural y gestión de riesgos en el Ecuador. Quito-Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015. 159 p.
11. Varnes D. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Paris: UNESCO, 1984. 60 p.
12. Puente F., Egas A., Teller J. Land policies for landslide risk reduction in Andean cities // *Habitat Int.* 2021. Vol. 107. P. 1–15.
13. Симонян В.В. Изучение оползневых процессов геодезическими методами. Моск. гос. строит. ун-т., 2011. 172 p.
14. Tarbuck E., Lutgens F., Tasa D. Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. Octava edi. Madrid: Pearson Educación S. A, 2005. 712 p.
15. Ларионов А.К. Занимательная инженерная геология. Издание тр. Москва: НЕДРА, 1974. 282 p.
16. Ayala A. Hazard assessment of rainfall-induced landsliding in Mexico // *Geomorphology*. 2004. Vol. 61, № 1–2. P. 19–40.
17. Ayala A., Chávez E., Parrot J.. Landsliding related to land-cover change: A diachronic analysis of hillslope instability distribution in the Sierra Norte, Puebla, Mexico // *Catena*. 2006. Vol. 65, № 3. P. 152–165.
18. Bommer J., Rodríguez C. Earthquake-induced landslides in Central America // *Eng. Geol.* 2002. Vol. 63. P. 189–220.
19. Jibson R. et al. Large rock avalanches triggered by the M 7.9 Denali Fault, Alaska, earthquake of 3 November 2002 // *Eng. Geol.* 2006. Vol. 83, № 1–3. P. 144–160.
20. Keffer D. Landslides caused by earthquakes // *Geol. Soc. Am.* 1984. Vol. 95, № 4. P. 406–421.

21. Xu C. et al. Application of an incomplete landslide inventory, logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping related to the May 12, 2008 Wenchuan earthquake of China // *Nat. Hazards*. 2013. Vol. 68. P. 883–900.
22. Álvarez M. et al. Evaluación multicriterio aplicada al análisis de movimientos en masa en carreteras de montaña: un caso de estudio en los Andes del sur del Ecuador // *Av. Investig. en Ing.* 2020. Vol. 17, № 2. P. 1–13.
23. Van Den Eeckhat M. et al. The effectiveness of hillshade maps and expert knowledge in mapping old deep-seated landslides // *Geomorphology*. 2005. Vol. 67, № 3–4. P. 351–363.
24. Paudel U., Oguchi T., Hayakawa Y. Multi-Resolution Landslide Susceptibility Analysis Using a DEM and Random Forest // *Int. J. Geosci.* 2016. Vol. 7, № 5. P. 726–743.
25. Tan Q. et al. Geological hazard risk assessment of line landslide based on remotely sensed data and GIS // *Measurement*. 2021. Vol. 169. P. 1–10.
26. Temesgen B., Mohammed M.U., Korme T. Natural hazard assessment using GIS and remote sensing methods, with particular reference to the landslides in the Wondogenet Area, Ethiopia // *Phys. Chem. Earth, Part C Solar, Terr. Planet. Sci.* 2001. Vol. 26, № 9. P. 665–675.
27. Fayez L. et al. Application of Frequency Ratio Model for the Development of Landslide Susceptibility Mapping at Part of Uttarakhand State, India // *Int. J. Appl. Eng. Res.* 2018. Vol. 13, № 9. P. 6846–6854.
28. Rasyid A., Bhandary N., Yatabe R. Performance of frequency ratio and logistic regression model in creating GIS based landslides susceptibility map at Lompobattang Mountain, Indonesia // *Geoenvironmental Disasters*. 2016. Vol. 3, № 19. P. 1–16.
29. Ayalew L., Yamagishi H. The application of GIS-based logistic regression for

- landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan // *Geomorphology*. 2005. Vol. 65, № 1–2. P. 15–31.
30. Gond V., Brognoli C. Télédétection et aménagement du territoire : localisation et identification des sites d'orpillage en Guyane Française // *BOIS FORÊTS DES Trop.* 2005. Vol. 4, № 286. P. 5–13.
31. Roa J. Estimacion de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela // *Rev. Geográfica Venez.* 2007. Vol. 48, № 2. P. 183–219.
32. Лебедева Е.В., Михалёв Д.В., Шварев С.В. Напряженность геоморфологических обстановок центрального сектора горной системы Анд // *Геоморфология*. 2015. P. 77–88.
33. Moreno L. et al. Actualización Del Plan De Desarrollo Y Organización Territorial Del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural Y Plurinacional Municipal De Cayambe 2015 – 2025 // *GADPID Cayambe*. Cayambe: GADIPCayambe, 2015. 1–339 p.
34. Campo A. Estudio integrado de la cuenca del río Pisque, cantón Cayambe, Ecuador // *XXXI Curso Internacional de Geografía Aplicada*, organizado por el Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas (CEPEIGE). Quito, 2003. P. 16.
35. Dávila Á. et al. Atlas de espacios geográficos expuestos a amenazas naturales y antrópicas. Ecuador: Instituto Geográfico Militar, 2018. 121 p.
36. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Peligro sísmico. Diseño sismo resistente. Ecuador, 2014. 128 p.
37. Winckell A., Zebrowski C., Sourdat M. Las regiones y paisajes del Ecuador. 1era edición / ed. Militar I.G. Quito: Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, 1997. Vol. 2. 441 p.

38. Pourrut P. Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos // Cent. Ecuatoriano Investig. Geográficas. 1983. P. 7–41.
39. ГОСТ Р 55912-2020 Климатология строительная. Номенклатура показателей наружного воздуха. 2021. P. 15.
40. Burbano N., Becerra C., Pasquel E. Introducción a la hidrogeología del Ecuador. 2 ed. / ed. (INAMHI) I.N. de M. e H. Quito, 2015. 128 p.
41. Jiménez E. Caracterización hidrogeológica y análisis de vulnerabilidad del acuífero de Cayambe, NOR-ESTE de la provincia de Pichincha. Universidad Central del Ecuador, 2018. 230 p.
42. Arciniegas S., Sánchez D. Calidad del agua subterránea para el aprovisionamiento del área urbana del cantón Cayambe. Bahía Blanca, Argentina: Universidad Nacional del Sur, 2003. 29 p.
43. García L.C., Schlatter J.E. Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador // Rev. Bras. Ciências Agrárias. 2012. Vol. 7, № 3. P. 456–464.
44. Moreno J., Lasso L. Geopedología. Instituto. Cayambe, 2013. 122 p.
45. Moradi S., Rezaei M. A GIS-based comparative study of the analytic hierarchy process , bivariate statistics and frequency ratio methods for landslide susceptibility mapping in part of the Tehran metropolis , Iran. 2014. Vol. 4, № 1. P. 45–61.
46. ESRI. Как работает инструмент Экспозиция (Aspect) [Electronic resource] // ArcMap. 2016. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm>.
47. Nicu I.C. Application of analytic hierarchy process, frequency ratio, and statistical index to landslide susceptibility: an approach to endangered cultural heritage // Environ. Earth Sci. Springer Berlin Heidelberg, 2018. Vol. 77, № 3.

Р. 1–16.

48. СП 305.1325800.2017. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.
49. СП 11-105-97. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.
50. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
51. СП 436.1325800.2018. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Правила проектирования.
52. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 СП (Свод правил) от 30.12.2016 N 47.13330.2016 Применяется с 01.07.2017. Заменяет СП 47.13330.2012.
53. Трудовой кодекс Российской Федерации: от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ).
54. ГОСТ 12.2.033-78. Рабочее место при выполнении работ стоя: от 26 апреля 1978 г. № 1100.
55. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя: от 26 апреля 1978 г. № 1102.
56. ГОСТ 21889-76. Система “Человек-машина”. Кресло человека-оператора: от 25.05.1976 N 1283.
57. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ: от 3 июня 2003 г. N 118.

58. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: от 01.10.1996 N 2.2.4.548-96.
59. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1): от 07.11.2016 N 52.13330.2016.
60. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
61. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.: от 31.10.1996 N 2.2.4/2.1.8.566-96.
62. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест: № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г.
63. ГН 2.2.5.3532-18 “Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.”
64. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
65. Getachew N., Meten M. Weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping of Kabi-Gebro locality, Gundomeskel area, Central Ethiopia // Getachew and Meten Geoenvironmental Disasters. 2021. Vol. 8, № 6. P. 1–22.
66. Nicu I. Frequency ratio and GIS-based evaluation of landslide susceptibility applied to cultural heritage assessment // J. Cult. Herit. 2017. Vol. 28. P. 172–176.
67. Chinkulkijniwat A. et al. Stability characteristics of shallow landslide triggered by rainfall // J. Mt. Sci. 2019. Vol. 16, № 9. P. 2171–2183.
68. USGS. Landslide Types and Processes [Electronic resource] // U.S. Geological

- Survey. 2004. URL: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>.
69. Geertsema M., Highland L.. Landslides: Human Health Effects // *Encycl. Environ. Heal.* 2011. P. 380–395.
 70. Corominas J., Mavrouli O., Ruiz-Carulla R. Rockfall Occurrence and Fragmentation // *Workshop on World Landslide Forum: Advancing Culture of Living with Landslides.* 2017. P. 75–97.
 71. Springer Science. *Encyclopedia of Planetary Landforms.* 2014. 1–7 p.
 72. Gong X. et al. Characteristics of a Debris Flow Disaster and Its Mitigation Countermeasures in Zechawa Gully, Jiuzhaigou Valley, China // *Water.* 2020. Vol. 12, № 1256. P. 1–25.
 73. Mikoš M. et al. Mechanisms of Landslides and Creep in Over-Consolidated Clays and Flysch (WCoE 2014–2017) // *Workshop on World Landslide Forum: Advancing Culture of Living with Landslides.* 2014. P. 279–289.
 74. Van Westen C.J., Terlien M.J. AN APPROACH TOWARDS DETERMINISTIC LANDSLIDE HAZARD ANALYSIS IN GIS. A CASE STUDY FROM MANIZALES (COLOMBIA) // *Earth Surf. Process. Landforms.* 1996. Vol. 21, № 9. P. 853–868.
 75. Edigbue P.I. et al. Geological and geophysical investigations of an engineering site characterization for construction purposes in Western Saudi Arabia // *J. Appl. Geophys. Elsevier B.V.,* 2021. Vol. 188. P. 104307.
 76. Gariano S.L., Guzzetti F. Landslides in a changing climate // *Earth-Science Rev. The Authors,* 2016. Vol. 162. P. 227–252.
 77. Huang R. qiu et al. Engineering geological assessment for route selection of railway line in geologically active area: A case study in China // *J. Mt. Sci.* 2013. Vol. 10, № 4. P. 495–508.
 78. Liu H. et al. Slow recovery from soil disturbance increases susceptibility of high

- elevation forests to landslides // *For. Ecol. Manage.* Elsevier B.V., 2021. Vol. 485, № April 2020. P. 118891.
79. Daniel M.T. et al. Landslide Susceptibility Modeling Using a Hybrid Bivariate Statistical and Expert Consultation Approach in Canada Hill, Sarawak, Malaysia // *Front. Earth Sci.* 2021. Vol. 9. P. 1–15.
 80. Saha S. et al. Prediction of landslide susceptibility in Rudraprayag, India using novel ensemble of conditional probability and boosted regression tree-based on cross-validation method // *Sci. Total Environ.* Elsevier B.V., 2020. Vol. 764. P. 1–53.
 81. Novellino A. et al. Slow-moving landslide risk assessment combining Machine Learning and InSAR techniques // *Catena.* Elsevier B.V., 2021. Vol. 203, № February. P. 105317.
 82. Marin R.J., Velásquez M.F., Sánchez O. Applicability and performance of deterministic and probabilistic physically based landslide modeling in a data-scarce environment of the Colombian Andes // *J. South Am. Earth Sci.* 2021. Vol. 108, № October 2020.
 83. Jelínek R., Wagner P. Landslide hazard zonation by deterministic analysis (Veľká Čausa landslide area, Slovakia) // *Landslides.* 2007. Vol. 4, № 4. P. 339–350.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM91	Флорес Гарсия Йоланда Грасиела		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Строкова Людмила Александровна	д.г.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кемерова Наталья Сергеевна			

Engineering construction in active tectonic regions encounters several problems related to tectonic, seismic, and various direct or indirect geological processes resulting from such activity. Active tectonic regions are widely spread throughout the tectonic plates. In many cases, the safety of the engineering structures seems to be threatened by the activities of continuous failure, landslides caused by earthquakes or intense rains, the liquefaction of the ground, etc.

Geo-hazards represent severe and extreme weather and climate event that occur naturally all over the world. Geo-hazards are multi-dimensional and multidisciplinary events. Most of these hazards are frequently related to mountainous regions. The Andean Mountains often suffer high variability in precipitations due to their orography, altitude, and microclimates, which lead to shallow landslides, debris flows, and rock slope failures. Over 95 % of all disasters and fatalities related to landslides, in general, occur in developing countries [26,65,66].

Cities located in the Andean Mountains are subjected to landslide susceptibility and other events. The characteristics of the territory, accompanied by uncontrolled urbanization and environmental degradation, densification, a growing urban population, increase the risk to suffer damages due to the development of landslide processes. [12,26,65,66].

Landslides

Landslides are part of the normal geomorphic cycles of landscape development. They occur as a result of adverse natural and artificial conditions. A landslide can be defined as the downslope movement of soil, rock, debris, or organic materials under the effects of gravity [12,26,65–67].

The term landslide encompasses different modes of mass movements on slopes (rockfalls, topples, debris flows, shallow landslides, etc). These different modes can

involve little or no true sliding, which may lead to confusion. Among all types of landslides, shallow landslides present a special danger since they can potentially initiate debris flow, particularly when rainfall continues after the initiation of the failure [11,67].

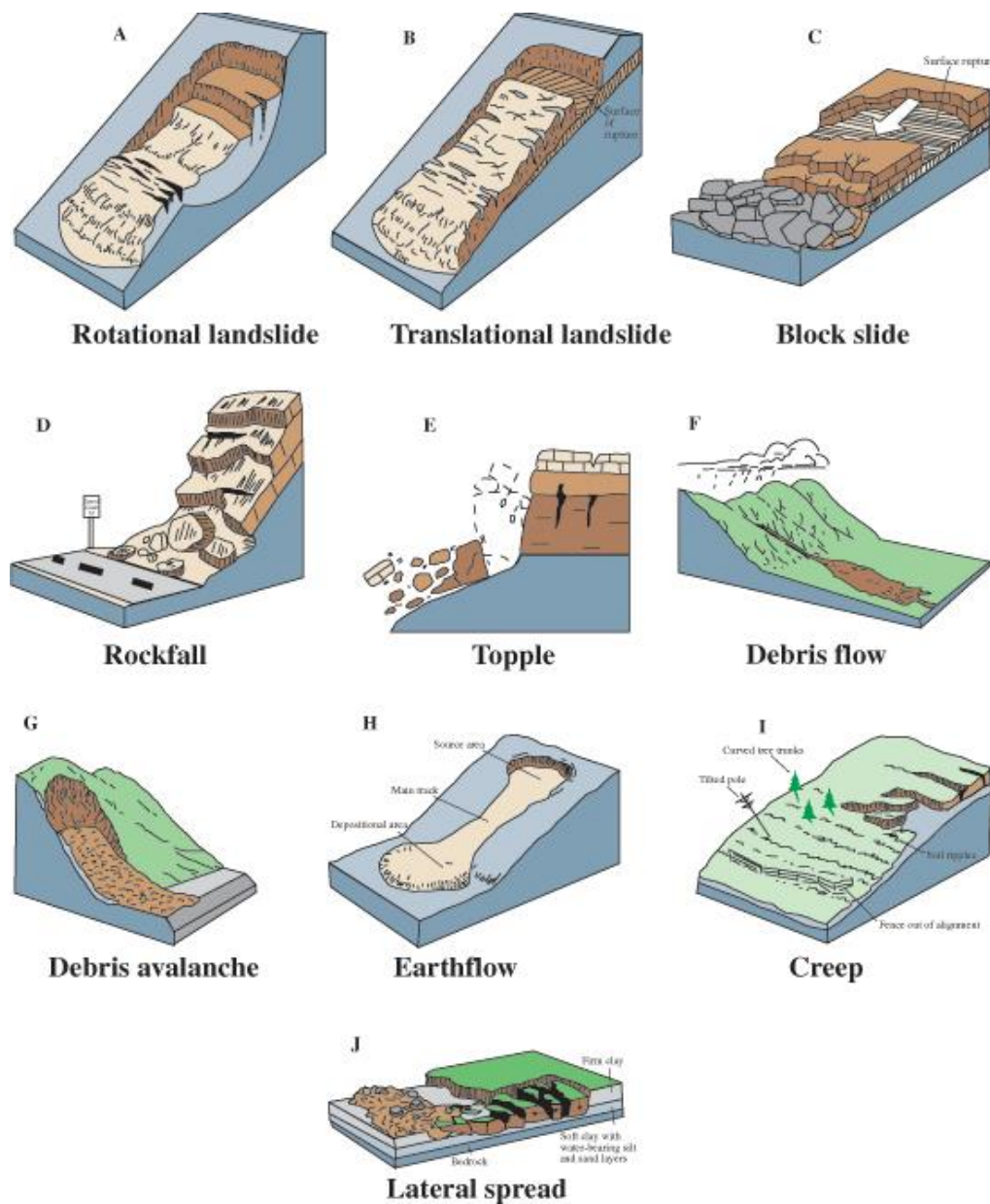


Figure 1. Types of landslide movement [68]

Rockfalls are very rapid movements common in mountainous regions, volcanos, river banks and areas with steep rock slopes and cliffs. They frequently occur

along transportation corridors where deep cuts have been made into rock slopes, causing substantial damage to roads and transportation infrastructure and also extraordinary amounts of monetary damage and death. The unpredictable nature of rockfalls events is cause of concern of the authorities and decision makers all around the world [69,70].

Topples involves the forward rotation and movement of soils out of a slope at a pivotal point, below or low the center of gravity and forces exerted by adjacent units or by fluids in cracks. Types of toppling include flexural, bloc flexure and tension crack and they have place in rock, debris, and soil [68,71]

Debris flow is a very to extremely rapid mass movement in which a combination of loose soil, rock, organic matter, air, and water mobilize as a slurry that flows downslope. This is a widespread hazardous phenomenon in mountainous areas, commonly caused by intense surface-water flow, due to heavy precipitation or rapid snowmelt. By its own characteristic's debris flow represent a great threat to the safety of people, can cause catastrophic damage to infrastructure elements. Declining hillside vegetation by fires intensify the susceptibility of slopes to debris flows [5,72].

Landslides are considered one of the most critical environmental hazards and the most distributed around the world. Since they are more widespread, the landslide related causalities and economic losses will be greater as compared with other natural hazards in the world, like earthquakes, major floods, hurricanes [11,12,65–67].

The landslide zonation represents the division of the land surface into areas and the ranking of these areas according to degrees of actual or potential hazard from landslides [11].

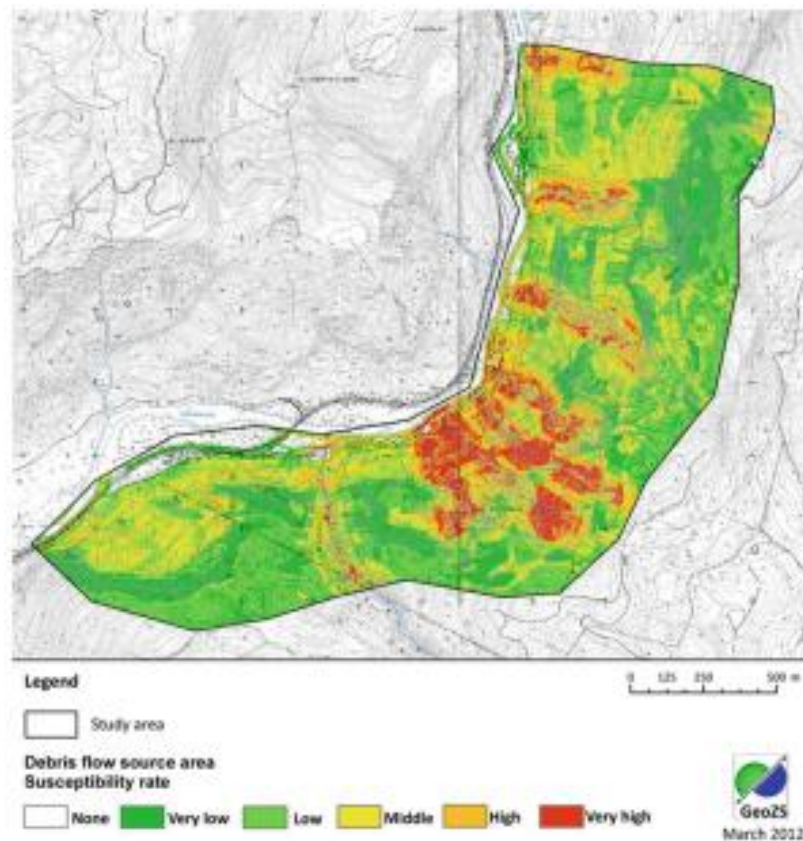


Figure 2. Illustration of landslide zonation. Debris-flow susceptibility map of the study area in the Sava Bohinjka River gorge called Soteska[73]

Landslide becomes hazardous when they interfere with human activities. The landslide susceptibility is defined as the probability of a landslide to occur within a specified period of time and a given area. Landslide disasters seriously result in massive destruction and threaten the safety of the population and directly affect the stability of the engineering structures, which can directly affect the harmonious stability of society and the sustainable development of the economy [12,24–26,66,74].

Characterizing subsurface site conditions and understanding main geological features are critical components of any safety assessment for any construction. Since the performance of engineering structures highly depends on the bearing capacity of the ground, the specific characteristics of the territory, the negative effects of climate change, and inadequate technological solutions can cause irreversible damage,

requiring intensive maintenance and premature reconstruction. Poor definition of hazardous zones can lead to serious risks during construction [75].

Landslide risk studies focusing on South America have found that precipitation, population density, and land are significant factors to study. In the Andes a few landslide risk works have used diverse modeling and mapping approaches, in such countries as Colombia (Envigado city), Ecuador (Quito, Loja cities). Climatic changes and variability have been considered a non-negligible cause in the development of landslides. Nowadays it is indisputable that climate changes affect the stability of natural and engineered slopes and also have consequences on landslides, especially precipitation changes in some regions [12,76]

The occurrence of landslides depends on the geological environment, and it is determined by a complex interplay of internal (conditioning factors) and external factors (triggering factors).

Internal factors

The internal factors or conditioning factors represent the inherent attributes of the ground that cause the slope to lose stability. These include geological materials and structures, geomorphology, lithology, strength, hydrogeologic and stress conditions, etc. Different studies show that large and deep landslides require higher groundwater levels due to long rainfall periods [12,25,65].

Triggering factors

The external or triggering factors can initiate or accelerate the movement of the soil by setting conditions that are met and act on soils and rock masses. These factors

modify the characteristics, properties, and conditions of slope equilibrium. They include seismicity, vulcanicity, climate, and anthropogenic factors [12,65].

The most common types of landslides caused by earthquakes are rock falls, disrupted soil slides, and rock slides. In this context, worldwide experience shows that the greatest losses of human life and engineering structures have been a product of rock avalanches, rapid soil flows, and rockfalls. The most susceptible materials to earthquake-triggered landslides include weakly cemented rocks, more-indurated rocks with prominent or pervasive discontinuities, residual and colluvial sand, volcanic soils containing sensitive clay, loess, cemented soils, granular alluvium, granular deltaic deposits, and granular man-made fill. [20].

Works devoted to the study of the triggering factors of landslides can be found in [8,16–20,67,77,78]

Landslide zonation

Over time, academic and professional communities have begun to pay close attention to landslide susceptibility. Nowadays, the challenge lies in producing more detailed knowledge. The number of landslide investigations concerning methods and the progress in susceptibility has grown rapidly. Several approaches have been developed for landslide zonation within this framework [24,26,65].

Most landslide susceptibility studies follow simple principles: 1) the past and the present are the keys to the future (e.g., location, factors, and slope material); 2) the main conditions that cause landslide can be identified; 3) degrees of hazard can be estimated. The conditions leading to the past and present failures will help in estimating the style, frequency, extent, and consequences of failures in the future [11,24].

The approaches developed for landslide zonation can be grouped into qualitative and quantitative methods.

Qualitative methods

Many pioneer's works in this field concern qualitative studies. Qualitative methods are based on expert opinions or entirely on the judgment of the person that conducts the landslide susceptibility or hazard assessment. It includes field geomorphological analysis and overlaying of index maps with or without a weighting approach. The subjectivity of these methods was addressed by the adoption of quantitative assessment methods [24,66].

Quantitative methods

Quantitative methods are data-driven and based on mathematical expressions between landslide controlling factors and landslide events. These methods can be either statistical or deterministic.

Statistical approaches have become increasingly sophisticated in the research domain. These approaches are based on numerical values driven by the relation between landslide distribution and the factors. They can be categorized into bivariate, multivariate, and machine learning approaches. On the one hand, bivariate and multivariate approaches involve linear correlation analysis between landslide events and factors, on the other hand, machine learning approaches address non-linear correlation analysis. Bivariate statistical approaches can be very reliable when get combined with expert inputs. In a multivariate method, all relevant factors are evaluated and the relative contribution of each factor is weighted. The disadvantages of statistical approaches include poor data quality and inadequate understanding of the elements [12,24,25,66,79].

In the last years, the use of machine learning has increased. Saha et al., (2020) examined the landslide susceptibility in the Rudraprayag district of Uttarakhand, India, using the conditional probability (CP) statistical technique, the boost regression tree (BRT) machine learning algorithm, and the CP-BRT ensemble approach to improve the accuracy of the BRT model. The results show that the CP-BRT model performed better than others. It was also observed that the accuracy increased by almost 2 % in the ensemble model compared to the single model for all the folds [80].

Novellino et al., (2021), used a statistical method, BRT, a machine learning method, and the CP-BRT ensemble to assess the landslide risk for mass movements. Results show that the CP-BRT model performed better than others [81].

Some other studies dedicated to the analysis and application of different statical approaches are presented in [27,28,66,79].

Deterministic approaches are best suited for territories with similar landslide types, geological settings, and geomorphological conditions. These approaches can be applied in small to medium-sized areas, having limited use for susceptibility modeling over larger areas [65,79].

Studies related to the application of deterministic approaches are shown in [74,82,83].

The use of geographic information systems (GIS) and environmental modeling along with statistical approaches has made landslide zonation more efficient and inexpensive. Landslide zonation takes two predominant forms: event mapping (landslide inventory map) and event controlling parameter assessment which is often used in conjunction with each other.

Landslide inventory map

Landslide inventory map records all identifiable landslide occurrences from aerial photography and satellite images. These maps can be prepared by different techniques depending on their purpose, the extent of the study area, the scales of base maps and aerial photographs, and the resources available to carry out the work. However, the size heterogeneity and distribution of landslides still impose challenges on selecting an appropriate scale for the studies. Nevertheless, landslide inventories based on a combination of high-resolution images and field information provide better estimates of areas that are prone to shallow landslides [11,26,65,79].

The interpretation of aerial photography is one the most powerful and least expensive tools in landslide zonation. The advantages of using aerial photography in landslide investigations include: 1) they present an overall perspective of a large area and can be compared with old ones to examine the progressive development of landslides; 2) boundaries of existing slides can readily be delineated; 3) important relations in drainage, topography, and other natural and man-made elements become obvious; 4) routes for field investigation can be effectively planned. [4]

Event controlling parameter assessment

The event controlling parameter assessment includes the preparation of individual variables considered to be significant in landslide occurrences. The elements that affect slope stability are numerous and varied, and they interact in complex and often subtle ways. It is important to remark that there is no standard rule to select which factor to be used or not. It is recommended to consider first the inherent conditions that affect stability and then the processes or factors producing unfavorable changes that may lead to failure. Event controlling parameters could be lithology, vegetation biomass, slope aspect, slope angle, geological structures, and watercourses. The important characteristics of the soil constituents of sedimentary rocks are the size, size distribution, shape, area, surface characteristics, and mineralogy of the rock or mineral particles. In fine-grained sedimentary deposits, the relative abundance of clay minerals,

the clay mineralogy, interparticle bonds, and the presence and chemistry of water are dominant compositional factors influencing slope stability [11,26,65].

The effect of vegetation on slope stability appears to be complex and depends on local conditions of soil depth, slope, and type of vegetation. The plant roots system substantially increases the shear resistance of the ground and through the creation of negative pore pressures increases soil cohesion. In the highlands, the recovery of forest vegetation after a hazard is important for determining the susceptibility to new events. Analyzing plant cover as an important element for sliding models in 2021 Liu et al., used the mechanical reinforcement (cr) to soil and the termed hydrological reinforcement (ch) to calculate the Factor of Safety (FoS) of a hillslope. Results showed that finer, short-lived roots contributed little to soil reinforcement compared to thicker, long-lived roots [11,78].

Conclusions

Assessing landslide zonation is one of the biggest challenges in land management. An extensive landslide susceptibility review suggests that the most determining factors are slope, aspect, and geology, with variations. Also, the studies focusing on South America have found that precipitation, population density, and land use to be significant factors in the analysis of landslide risk.

The zoning of landslides is based on the selected evaluation system, which must consider the geological, hydrological, and human activities of the study area. Landslide zonation is a requisite to ensure population security and engineering structure stability. The results obtained from this kind of study will help decision-makers, civil engineers, and geoscientists to take appropriate mitigation measures to prevent the severe impacts of landslides.

Comparison between the approaches for landslide zonation shows that machine learning models are more accurate than general statistical approaches, limited by its linear analysis and qualitative methods using subjective weights.